

هندسة الطرق

المهندس

أحمد حسين أبو عودة



المهندس والتوزيع

هندسة الطرق

هندسة الطرق

تأليف

المهندس

أحمد حسين أبو عودة

الطبعة الأولى

2014م - 1435هـ



مكتبة الجامع العربي للنشر والتوزيع

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2010/6/2027)

625.7

أبو عودة، أحمد حسين

هندسة الطرق / أحمد حسين أبو عودة - عمان: مكتبة المجتمع العربي

للتوزيع، 2010

() ص

د. 1، 2010/6/2027

الخواصات: هندسة الطرق // الطرق الرئيسية // إنشاء الطرق

• يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

جميع حقوق الطبع محفوظة

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أي جزء منه أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات أو نقله بأي شكل من الأشكال، دون إذن خطي مسبق من الناشر

عمان - الأردن

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means without prior permission in writing of the publisher .

الطبعة العربية الأولى

2014م - 1435هـ



مكتبة المجتمع العربي للتوزيع

عمان - وسط البلد - ش. السلط - مجمع الفحيص التجاري

تلفاكس 4632739 ص.ب. 8244 عمان 11121 الأردن

عمان - ش. الملكة رانيا العبد الله - مقابل كلية الزراعة -

مجمع زهدي حصوة للتجاري

www: muj-arabi-pub.com

Email: Moj_pub@hotmail.com

ISBN 978-9957-525-68-2 (ردمك)

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الوحدة الاولى	
المقدمة	
المقدمة.....	13
الوحدة الثانية	
انظمة النقل	
انواع الطرق:.....	20
التصنيف حسب الاهمية والسعة.....	20
التصنيف حسب المسرب.....	20
التصنيف حسب التصميم.....	21
الوحدة الثالثة	
المركبة على المنحنيات	
التعليق وقوة الطرد المركزي.....	25
الاحتكاك.....	28
توسيع الطريق عند المنعطف (المنحنى).....	29
مسافة الرؤية.....	30
المنحنى العامودي المقعر المقوس.....	39
الوحدة الرابعة	
حجم السير	
حجم النقل.....	43
تعداد المركبات.....	43
دراسة التغيرات في حجم السير على مدار اليوم والفصل والسنة.....	44
الطرق المتبعة في اجراء التعداد.....	46
اماكن العد.....	47

الموضوع الصفحة

47 فترات التعداد.....

48 حجم السير الحالي والمستقبلي.....

الوحدة الخامسة

اختيار مسار الطريق

52 موقع الطريق والمسح في المناطق القروية.....

54 الاستطلاع الجوي.....

55 التوقيع المساحي في المناطق العمرانية.....

57 المسح التثبتي الأثني.....

الوحدة السادسة

التصميم الأفقي والرأسي للطريق

61 انواع المنحنيات الأفقية والرأسية.....

61 اماكن استخدام المنحنيات.....

62 حسنات المنحنى الانتقالي.....

62 طول المنحنى الأفقي.....

63 تثبيت المنحنى الأفقي.....

64 المنحنى الانتقالي.....

64 السرعات.....

65 انواع السرعات.....

67 لوحة مسقط ومقطع.....

الوحدة السابعة

عناصر المقطع العرضي للطريق

73 الاكتاف.....

73 سبب انشاء الاكتاف.....

74 انواع الاكتاف.....

الصفحة	الموضوع
74	عرض الاكتاف.....
75	ميول الاكتاف.....
75	المسارب:.....
75	انواع الطرق بالنسبة للمسارب.....
78	الجزر:.....
78	الهدف من انشاء الجزر.....
79	اشكال الجزر.....
79	الحواجز الجانبية.....
81	الخنادق.....
81	الجدران الاستنادية.....
82	الميول الجانبية.....
83	الميول المستعرضة.....

الوحدة الثامنة

تصريف المياه عن سطح الطريق

88	الهيدرولوجيا.....
89	الجريان من سجلات تدفق الادوية والجداول.....
94	مبادئ التصميم الهيدروليكي.....
95	تصريف المياه عن الطريق وجوانب الطريق.....
97	تصريف المياه عن الطريق في المناطق العمرانية.....
98	القنوات.....
102	السدود المؤقتة وحواجز التحويل.....
103	العبارات:.....
103	انواع العبارات.....
105	تركيب العبارة.....
106	حوائط البداية وحوائط الاية.....

الصفحة	الموضوع
107	..... عيارات المواسير
108	..... صبرة الصندوق
	الوحدة التاسعة
	رصفة الطرق
113	..... اسطح مكادام
115	..... مواد طرق مكادام
116	..... انشاء قاعدة الأساس
117	..... الطبقة الثانية العليا
118	..... استخدام طبقة الريط
119	..... انشاء اساسات مكادام
	الوحدة العاشرة
	طبقات الرصفة
124	..... انواع الرصفات
124	..... طبقة ما تحت الأساس
125	..... طبقة الأساس
127	..... طبقة السطح
	الوحدة الحادية عشرة
	الاسفلت والخلطات الاسفلتية
131	..... الطرق الاسفلتية
133	..... الروابط للطرق الاسفلتية
134	..... مصادر الروابط الاسفلتية
137	..... الاسفلت السائل
145	..... الاسفلت المائي
148	..... القار - القطران
151	..... تصميم الخلط الاسفلتية الخرسانية الساخنة
152	..... المواد اللازمة للأسفلت الخرساني

155	التصميم النموذجي للطرق الخرسانية الاسفلتية.....
-----	---

الوحدة الثانية عشرة

خراب الطرق وميائنتها

159	مقدمة.....
161	تعريفات.....
163	صيانة الرصافات.....
168	التشققات.....
173	الرقع السطحية.....
179	التشققات الحديدية.....
182	تشققات فواصل الحواف.....
184	تشققات الانعكاس.....
188	تشققات التقلمص.....
191	تشققات المنزلقة.....
196	تشققات المتسعة.....
197	التشوه- الالتواء- الاعوجاج.....
202	التموجات والانجرافات.....

الوحدة الثالثة عشرة

هندسة المرور

207	علامات سطح الطريق.....
208	اشارات جوانب الطريق.....
210	اشارات المرور.....
211	انارة الطرق السريعة والشوارع.....
214	مواقف السيارات.....
219	مسح المواقف.....
222	التقاطعات وأنواعها.....
225	التقاطعات الدوارة.....
226	التقاطعات المنفصلة.....

الوحدة الاولى

المقدمة



المقدمة:

هندسة الطرق مستعمل الطريق - المركبة - الطريق:

إن الدرجة التي يعتمد عليها اقتصادنا على الطرق غير معروفة بدقة وعلى الأغلب فإن $\left(\frac{4}{5}\right)$ التكاليف الكلية لنقل الأشخاص تعرف لشراء وتشغيل السيارات الخاصة، وأن $\left(\frac{3}{4}\right)$ المسافة المقطوعة بواسطة الركاب استخدمت السيارات الخاصة، وفي اليوم العادي $\left(\frac{3}{4}\right)$ السيارات تستخدم في الاتصال وقضاء الحاجات والتسوق، فالشاحنات هي التي تنقل البضائع غالباً، وبلغ عددها $\left(\frac{1}{6}\right)$ عدد السيارات التي تستخدم الطريق وهذه الشاحنات تنقل في مجموع ما يعادل (60%) من حاجيات الناس ويتم النقل عادة براً أو بحراً جواً، أو عن طريق السكك الحديدية، وباستخدام السيارات وحرية التنقل بها فقد ازدادت الإعدادات إزدياداً كبيراً مما أدى في المساعدة على نشوء مجتمعات محلية خارج المدينة الأم (العاصمة) أو المدن الهامة.

وكذلك فالمصانع قد انتشرت وكبرت والأعمال قد توسعت مما أدى في الحصيلة إلى تغير واضح في أساليب الحياة والمعيشة.

والمواصلات وأساليب النقل قد ساعدت في نهوض الحركة الزراعية حيث كان المزارعون يلاقون صعوبات كبيرة في نقل بضائعهم الزراعية إلى الأسواق في مختلف أنحاء القطر، نقل الطلاب إلى مدارسهم في مختلف المناحي والأرجاء وإلى مختلف أنواع المدارس الصناعية والزراعية والتجارية وغيرها، فالمواصلات قد أحدثت نقلة نوعية في جميع مناحي الحياة لاقتصادية والحياتية والمعيشية والصناعية والزراعية والسياحية،.... فالنقل على الطريق السريعة ليست كمثيلاتها للسكك الحديدية فهي ليست تحت سلطة إدارية موحدة، فقد أمتلك الأشخاص هذه المركبات وشغلوها، فالسائقون لهم الخيار في اختبار الوقت والخط والسرعة وهم يخضعون

فقط للتعليمات التي تؤمن سلامتهم وحياتهم، وبالمقابل فالحكومة في أولوياتها تشيد هذه الطرق وتشغيلها وصيانتها التي ينتقل عليها المسافرون والبضائع وغيره، وهذه الطرق تكلف الدولة $\frac{1}{10}$ موازنتها غالباً، ولذلك فعلى المهندسين ومتخذي القرارات من دراسة تشييد وصيانة هذه الطرق بأقل كلفة ممكنة مستخدمين كل الوسائل والمبادئ من حيث المسح الأرضي والجوي وجمع المعلومات من دائرة السير والمختصين وتصميم الطرق بجميع متطلباتها من انحدارات ومسارب ومستويات ومنحنيات وحواجز وإشارات وعبارات وأرصعة ودراسة مواد الأنشاء المطلوبة وكذلك يتوجب تنظيم العلاقة بين السيارة والطريق ومستعمل الطريق باستصدار القوانين اللازمة.

والطريق بحاجة دائماً للدراسة والتطوير وإجراء المسوحات وغيرها وتصميم الرصافات الجيدة، لتكون قادرة على تحمل أوزان السيارات بأصنافها المختلفة، وكذلك أنشاء الجسور والسيارات وما إلى ذلك.

فالعلم الذي يشمل تصميم وأنشاء وصيانة الطرق يسمى هندسة الطرق (Highway Engnieing) والعلم الذي يشمل تنظيم السير على الطرق يسمى علم هندسة المرور (Traffic Engneecning) ومن الخطوات المتبعة تصميم الطريق:

- تحديد نوع المركبات وحمولاتها وعددها ودراسة حركة السير ليلاً ونهاراً وفي الأسبوع والأشهر والسنة.
- تحديد العمر التشغيلي للطريق والذي يتراوح ما بين (15 - 20) سنة وحساب العدد المتوقع من المركبات، فالعدد المتوقع = العدد عند فتح الطريق (1 + % للزيادة السنوية المفترضة).
- تحديد السرعات التصميمية على الطرق وكيفية قياسها واستخدامها في التصميم لإختيار السرعة المناسبة على الطريق.
- تحديد درجة الطريق وعدد مساريها وعرضها ومنحنياتها وميلاناتها.

- استخدام الصور الجوية والمخططات الطبوغرافية للمنطقة المراد فتح الطريق فيها.
- وضع خطوط المضلعات المفتوحة.
- دراسة الخطوط ووضع النقاط عليها وتعديلها لتناسب مع طبيعة الأرض المراد إقامة الطريق عليها، من المساحات المختلفة وعمل القطاعات الطولية والعرضية و.....
- رسم المخططات الكتنورية وإجراء تعديلات نهائية على الخطوط أعلاه.
- رسم المنحنيات بين الخطوط.
- تثبيت خط الطريق النهائي.
- أخذ ميزانية طولية وعرضية دقيقة على مسار الخط النهائي.
- إجراء التصميم الرأسي للطريق وتصميم مقاطع الطريق، وتصميم المنشآت الإضافية اللازمة.
- فحص المواد التي سيتم استخدامها لإنشاء الطريق.
- تصميم المقاطع العرضية وتحديد عدد المسارب والجزر والاكتاف وما يلزم الطريق.
- حساب كميات الردم والقطع وحساب الكميات من (Mass Hall Diagram).
- تصميم رصفة الطريق وتحديد أنواع وسماكات الرصفات.
- تصميم التقاطعات على الطريق أن لزم.
- تخطيط الطريق وما يلزم من إشارات مرور وعلامات مرور إرشادية والإنارة وتوزيعها.
- تحديد أماكن الجزر وفتحاتها والأقنية والحواجز الجانبية.
- دراسة جدوى الأقتصادية للطريق.
- دراسة خصائص المركبات المارة على الطرق من حيث أحجامها وأطوالها وعدد محاورها وعجلاتها وسرعاتها.....

الوحدة الثانية

أنظمة النقل

***Transportation
Systems***



أنظمة النقل

Transportation Systems

أنظمة النقل متنوعة منها:

- النقل البري بالسيارات والشاحنات.
- النقل البحري والنهري بالسفن والقاطرات النهرية.
- النقل بواسطة السكك الحديدية بالقطارات (شحن وركاب).
- النقل بواسطة الأنابيب.
- النقل الجوي والشحن بالطائرات.

ولكل نظام من هذه الأنظمة مستلزماته من حيث الدراسة والتصميم مع بعض الاختلافات في التطبيق، وأهم ما في هذه الأنظمة هو توفير المال اللازم لإنشاء البنية التحتية أولاً ثم شراء الآليات بأنواعها المختلفة لأعمال الصيانة.

ففي النقل البري مثلاً تحتاج إلى مسح طبوغرافية وجوي ثم دراسة ثم الاستثمارات أن نرّم دراسة الجدوى ثم التصميم والتنفيذ والصيانة بعد ذلك وهكذا لكل نوع من أنواع أنظمة النقل.

وتقسم أنظمة النقل بالنسبة إلى:

- مجال التشغيل: داخلي وخارجي.
- مجار المسار: مائي - بري - مشترك.
- القوى المحركة: بشري - قوى الطبيعة - كهرباء - مشتقات البترول.
- نوعية الخامة: ركاب - بضائع أو كليهما.
- طبيعة الخام النقل: خاص - عام.

أنواع الطرق:

تقسم الطرق إلى أنواع عديدة حسب أهميتها واستعمالاتها وسعتها، فمنها:

- الطرق السريعة: التي تربط ما بين الأقطار وكذلك المدن الكبيرة مثل العواصم.
- الطرق الرئيسية: وهي التي تربط المدن الخارجية بالعاصمة.
- الطريق الثانوي/الفرعي: وهو الذي يصل بين المدن الصغيرة.
- الطريق الدائري: وهو طريق محلي يلتف حول المدينة.
- الطريق الزراعي: وهو يربط القرى ببعضها البعض.
- الطريق السياحي: يربط القرى والمدن بالمناطق السياحية.

وتصنف الطرق أيضاً بالنسبة للمسارب:

طريقة ذومسرب واحد: يربط القرى ببعضها والمناطق قليلة التعداد.

طريقة ذومسربين: وهو طريق ذو اتجاهين يمكن أن يكون مفصلاً بجزيرة أو خندق أو غير مفصول ولا يتجاوز عرض المسرب الواحد المزفت عن (4)م ويشكل هذا النوع السمة الغالبة للطرق في منطقتنا ويجب أن يتوفر فيه مسافة رؤيا واضحة بحيث يوفر حركة التجاوز بحرية أكثر وعادة ما يتوفر على هذه الطرق عناصر الأمان والإرشادات التحذيرية الواضحة.

وفي المناطق التي تسير عليها شاحنات بكثرة يوسع عرض الطري بمسرب إضافي يسمى مسرب التسلق (Climbing lane)، تلجأ إليه الشاحنات حينما تكون سرعاتها بطيئة فتعطل حركة السيارات الأخرى وتسبب الازدحام ويمكن السيارات الأخرى من التجاوز بسهولة.

طريق ذي ثلاثة مسارب؛ حيث تكون كثافة السير عالية لا يتسعها الطريق ذو المسربين فيلجأ إلى هذا النوع من الطرق.

طريق ذي أربعة مسارب؛ وتستخدم في الطرق الخارجية غالباً وللمطرق ذات السرعات العالية حيث يمكن التجاوز بسهولة وتتسع لأكبر عدد من السيارات وغالباً للطريق ذو الثلاث مسارب أو الأربعة ما يوجد جزر أو حواجز وفتحات للالتفات على مسافات وعلامات وخطوط على هذه الطرق.

وتصنف الطرق أيضاً حسب التصميم:

- **طريقة الدرجة الأولى؛** تمتاز باتساع منحنياتها وعرض وعدد مساربها وقليلة الميل واكتافها عريضه وهذه غالباً تكون السرعات عليها عالية.
- **طريقة الدرجة الثانية؛** المنحنيات أقل اتساعاً وعرضاً وعدد مساربها أقل وانحداراتها أكبر والسرعات عليها أقل من الدرجة الأولى السعة الكاملة بإتجاه واحد (2000) مركبة/الساعة أو 1000 مركبة/الساعة بإتجاهين.
- **طريقة الدرجة الثالثة والرابعة؛** ففيها انحناءات كثيرة ولا تراعى فيها السعة، وعدد مساربها أقل والسرعات عليها متوسطة وقليلة وسعة المسرب الواحد (2000) مافر/ساعة.
- **الطرق السريعة (Highways Roads)؛** تتميز هذه الطرق بـ:

- أ. الوصول إلى الطريق أن كان سهلاً أو صعباً دخولاً وخروجاً من نقاط محددة.
- ب. يمنع قطع المرور من هذه الطرق وتبنى الحواجز للحفاظ على ذلك.
- ج. تبنى التقاطعات للمحافظة على السرعة على هذه الطرق.
- د. يبني عليها مداخل ومخارج خاصة من وإلى الطريق بحيث لا تؤثر على حركة السير على الطريق،

ومن أنواع هذه الطرق:

- طرق محددة الوصول: تحتاج إلى مسارب تسارع وتباطؤ وتقاطعات متبادلة ومفصولة.
- طرق محددة الوصول بشكل جزئي مع وجود طرق جانبية للربط.
- طرق مفتوحة وبطيئة السرعة.

مما سبق يتوجب دراسة أنسب الوسائل بالنسبة للمرافق الاقتصادية وتحديد احتياجات هذه المرافق من وسائل نقل مختلفة ثم تشجيع الوسيلة المناسبة وتطويرها في كل حالة مع التنسيق بين هذه الوسائل ولذلك لا بد من دراسة ما يلي:

- أ. دراسة خصائص وسائط النقل الداخلية.
- ب. التنسيق بين وسائط النقل الداخلي والخارجي.
- ج. متطلبات الزراعة من حيث موسمية الإنتاج الزراعي ومتطلبات النقل وكذلك قل الثروة الحيوانية.

الوحدة الثالثة

المركبة على المنحنيات

التعليقية وقوة الطرد المركزي:

(Super elevation) & (Centrifugal free)

حينما تسير السيارة على منحني أفقي تبقى السيارة على هذا المنحني بواسطة الاحتكاك بين العجلات وسطح الطريق ومجموع قوى الاحتكاك (F_R, F_L) ، في الشكل (1-3) تساوي القوة الطاردة المركزية $\frac{Wv^2}{gR}$ وإذا استخدمنا معامل

الاحتكاك μ والقوى العمودية بين العجلات وسطح الطريق فتصبح العلاقة:

$$\frac{Wv^2}{gR} = (N_L + N_R)\mu = W\mu$$

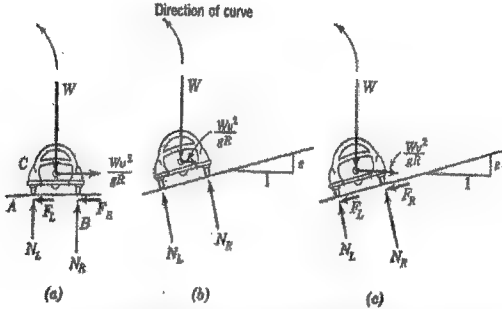
فحين استخدام وحدات السرعة بالميل/الساعة وخضعت المعادلة، فإن

$$f = \frac{V^2}{15R} \text{ : العلاقات بين معامل الاحتكاك والسرعة ونصف القطر هي}$$

وتؤثر القوة الطاردة المركزية على سطح الطريق خلال مركز الجاذبية للسيارة (الشكل 1-3) وتخلق قوة عزم انقلابية حول نقاط التماس معين العجلات السيارة الخارجية وسطح الطريق (النقطة B) والذي يقاوم الانقلاب هو العزم الناتج عن وزن (W) الذي يؤثر إلى أسفل خلال مركز الجاذبية وعليه تكون عزم الانقلاب صغيراً، ونتيجة لهذا فإن السيارة ستنزلق إلى الداخل عوضاً عن الخارج، وكثيراً من المركبات (القلابات والشاحنات) لها مركز جاذبية كبير لدرجة تشكل عزم انقلابياً وعليه يمكن أن تنقلب قبل أن تنزلق.

مقاطع المنحنيات للطرق الحديثة غالباً تكون مرتفعة أي أن سطح الطريق قداميل إلى أعلى قليلاً باتجاه خارج المنحني وبهذه الطريقة فإن إمكانية أن تنزلق المركبة إلى الخارج أو تنقلب يمكن التغلب عليها كلياً.

ولكل نصف قطر منحنى وسرعة: انطلاق تعلية خاصة توازن القوة الطاردة المركزية، وفي الحالة النموذجية فإن الاحتكاك بين العجلات وسطح الطريق يعمل في اتجاه عمودي على سطح الطريق، القوى التي تؤثر على المركبة مبينة كما في الشكل (b-1-3).



Forces acting on motor vehicles traveling in curved paths

الشكل رقم (3-1)

والعلاقة بين التعلية والسرعة ونصف قطر المنحنى يعبر عنها بالأقدام والثانية كما يلي:

$$\frac{\ell}{1} = \frac{WV^2 / gR}{W}$$

حيث ℓ هو ارتفاع التعلية بالأقدام لكل قدم طولي لعرض الطريق، وبالتعبير عن السرعة بالميل/الساعة تصبح المعادلة: $\ell = \frac{V^2}{15R}$ وعند انطلاق السيارة بسرعة أكبر من تلك التي عندها توازن التعلية كل القوة الطاردة المركزية فإن الاحتكاك

مطلوب ليبقى المركبة داخل خط المنحنى والقوى المؤثرة على المركبة مبينة في الشكل (IC- 3) ومعامل الاحتكاك لناتج حين تمر السيارة على خط المنحنى هو:

$$f = \frac{V^2}{15R} - \ell$$

وأكبر معامل للاحتكاك على سطح جاف يحدد باختيار دائرة أو منحنى غالباً ما يتراوح ما بين (0.4 - 0.5) وبعض الاحيان فإن معامل احتكاك اقل قد يتولد على سطح طريقة مبتل.

وعلى أي حال فإن حالة الانزلاق لا تحدث للسائقين على الطريق إلا إذا كان السطح متجهداً (حليت) أو طينياً وحسب مواصفات (AASHO) فإن المعامل الأقصى للاحتكاك على الجوانب يبلغ (0.16) لسرعات حتى 60 ميل/الساعة، عند (14.0) لسرعات عند (0.14) لسرعات (70) ميل/الساعة.

أن تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات المتحركة ببطء نسبياً قليلة وحين تسافر هذه المركبات حول منحنى تعلية فإن قوة الاحتكاك الجانبية والتي تؤثر إلى خارج مركز المنحنى يجب أن تتكون بين العجلات وسطح الطريق والاستنزلق المركبة إلى الداخل وللمركبات المتوقفة ليس هناك قوة طاردة مركزية وفي هذه الحالة يكون معامل الاحتكاك الجانبي يجب أن يساوي التعلية.

وحيث أن التعليات تستخدم كثيراً بطول استخدام الطريق يجب أن لا تزيد التعلية أبداً عن أقل معامل احتكاك يتولد في أسوأ الظروف الجوية.

وأكبر تعلية يسمح بها مواصفات AASHO هي (0.12) قدم لكل قدم، وإذا كان الثلج والجليد متواجداً فهذه التعلية تنخفض إلى (0.08) قدم لكل قدم، وفي الاستخدام فإن تعلية بمقدار (0.16) قدم/قدم برهنت على كفاءتها خاصة عند مسارب النزول حيث تصميم سرعات أعلى منها لمسارب الصعود عند التقاطعات.

• الاحتكاك (Friction):

أسباب الاحتكاك:

- من الانضغاط المباشر بين عجلات السيارة وسطح الطريق وهذا الانضغاط يحدث تلامساً يتراوح ما بين (15 - 20) سم ويتناسب التلامس طردياً مع ازدياد وزن السيارة وقلة الهواء في العجلات.
- من دوران العجلات على حصة الطريق (حسب نوع سطح الطريق) حيث نرى كثيراً من الأحيان دخول هذه الحصة داخل هزرات العجلات، فعند دخول وخروج هذه الحصة يتولد الاحتكاك.

العوامل التي تؤثر على الاحتكاك (زيادة أو نقصاً):

- صفر قطر العجل (قطر الجنط) فكلما صغر زاد عدد لفات العجل والعكس صحيح.
- قلة ضغط الهواء في العجلات (تنفيس العجلات).
- الظروف الجوية ففي الأجواء الباردة بكل الاحتكاك حيث تعمل رطوبة الماء على تبريد العجلات.
- قدم أو حداثة العجلات، فالعجلات المهترئة يكون احتكاكها مع السطح أكثر، وأفضل الاحتكاك حينما يكون سطح الطريق جافاً فيكون التلامس بين العجلات وسطح الطريق ممتازاً، أما إذا كانت هناك تمنع التلامس الجيد مثل تواجد المياه على سطح الطريق حيث تتشكل طبقة رقيقة من المياه بين العجلات وسطح الطريق تقلل من الاحتكاك ولذلك عملت مصارف المياه على سطح الطريق لتلافياً لحدوث الحوادث كالصدم - الانحراف - التزحلق على سطح الطريق.

ويعمل المرور المستمر على سطح الطريق إلى اهتراء سطح حبة الحصمة في طبقة سطح الطريق فتصبح ملساء وهذا يسبب نقص في الاحتكاك بين عجلات السيارة وسطح الطريق وبالتالي يؤدي إلى انزلاقات بوجود طبقة ماء فوق السطح.

وتلعب السرعة دوراً في الاحتكاك فكلما قلت السرعة كلما زاد الاحتكاك والعكس صحيح.

توسيع الطريق عند المنعطف (المنحنى) (Curve widening):

لتتلافى الحوادث على الطرق فيزداد عرض الطريق كلما ازدادت السرعة ولذلك نرى الطرق الخارجية دائماً أعرض في الطرق الداخلية، ولتتلافى الحوادث عند المنحنيات فلا بد من توسيع الطريق عند المنحنيات وهذا يسهل على السائق الدخول إلى هذا الطريق بنفس السرعة تقريباً التي كان يسير بها على الطريق المستقيم؛ والجدول رقم (3- 1) يبين ذلك:

الجدول رقم (3- 1)

علاقة نصف قطر المنحنى بعرض الطريق

نصف قطر المنحنى (م)	عرض الطريق 6م السرعة (30- 60) كم/الساعة	عرض الطريق 6.6م) السرعة (80 - 50) كم/الساعة	عرض الطريق (7.2) م السرعة (80 - 50) كم/الساعة.
60	1.8	1.4	-
80	1.4	1.1	-
100	1.2	0.900	0.6
150	1.1	0.8	0.6
200	1.00	0.7	0.6
300	0.80	0.6	-
500	0.70	0.6	-
1000	0.60	-	-

ويحاول السائقون الابتعاد عن حافة المنعطف الخارجية حين السير على هذا المنحني/المنعطف، وأيضاً فإن العجلات الخلفية وخاصة للمقطورات لا تتبع تماماً رأس المقطورة، وتعتمد بعض الجهات المتخصصة لتوسيع المنحني عند الزوايا الحادة للمنحني وليست هناك توصيات من قبل الـ AASHO لتصميم الطرق ويختلف مقدار التوسيع وفقاً للجهات المختصة بذلك في كل قطر، ويقول بارنت أن المحالة

$$W_d = \eta \left(R - \sqrt{R^2 - 400} + \frac{V}{\sqrt{R}} \right);$$

التي يجب اتباعها للتوسيع هي:

حيث W هي التوسعة بالقدم.

N عدد المسارب التي ستوسع.

ويقترح أن لا يكون هناك توسعة على طريق ذات مسربين إذا كانت W من القاذون أقل من (2) قدم وإذا استخدم هذه القاعدة قلن يكون هناك توسيع على منحني منبسط أكثر من (4) درجات السرعة تصمييمه مقدارها (70) ميل/السرعة، (5) درجات السرعة (60) ميل/السرعة، (6) درجات السرعة (50) ميل الساعة وإذا لم يستخدم منعطفات/منحنيات الإزاحة (Formation Curves) فإن التوسعة يضاف إلى الحافة الداخلية للمنحني الطرق، وإذا استخدمت منحنيات الإزاحة 99 منحنيات لإزاحة نصف التوسعة إلى الحاجة الداخلية والنصف الآخر إلى الحافة الخارجية للطريق، أو كامل التوسعة الحافة إلى الداخلية للمنحني.

مسافة الرؤية (الرؤية) (Fight Distance):

مسافة المرور غير المرئية في بعض الأحيان تسقط أشياء ثقيلة على سطح الطريق/من شاحنات أو ناقلات كبيرة فتحدث أثراً خطيراً لسائقين المركبات وفي الأحيان تصطدم بالمركبات اللاحقة وتحدث الضرر لسائقيها أيضاً، لذا الوقوف بل اصطدامها بمركبته أو به، وكذلك فإنه من غير المناسب أن نقول أن المركبة تستطيع تضادي ذلك بترك المسرب الذي تسير عليه حيث يتسبب هذا في فقدان السيطرة أو الاصطدام بمركبة أخرى.

في تصميم الطرق السريعة فإن أصغر مسافة آمنة للوقوف تعرف بمسافة المرور في والمرئية ومسافة المرور غير المرئية هي مجموعة مسافتين المسافة الأولى هي المسافة المقطوعة بعد رؤية الهدف أو العائق ولكن قبل استدام السائق للمكابح (البريكات) خلال زمن فترة الإدراك و زدة الفعل فإن المركبة تسير بالسرعة المصححة.

والمسافة الثانية هي التي قطعها السائق بينما ضغط على المكابح لإيقاف مسافة زمن الإدراك + مسافة درة الفعل بالقدم $t_v = 1.47$ ، مسافة الوقوف بالقدم $\frac{V^2}{30f} = \frac{V^2}{2gt}$

حيث V = السرعة المصممة قدم/الثانية

V = السرعة المصممة ميل/الساعة

t = وقت الاستقبال + وقت زدة الفعل

g = الجاذبية الأرضية قدم/ثانية⁽²⁾

F = معامل الاحتكاك بين العجلات و سطح الطريق.

الجدول رقم (3- 2) يعطي يتم معتمدة من قبل الـ AASHO لوقت الإدراك ووقت زدة الفعل ومعامل الأمان للاحتكاك وعلاوة على ذلك ففنه تعطي الإجابات نتيجة لتعويض هذه القيم في المعادلات أعلاه، وبخصوص القيم المطلوبة لزمن الإدراك الفعل لأنه يجب ملاحظة أن كلها ولكن أطولها هي أقل بـ (30) ثواني من المعدل الموجود في فحص السواقين ومعامل الاحتكاك المستخدم بما يحتويه من عامل السلامة يفترض أن سطح الطريق خالٍ من الطين والثلج وأن المكابح بحالة جيدة.

ويجب الانتهاء إلى أن مسافة المرور غير المرئية المنصوص عليه تمثل الأقل ما يمكن التي تحتها يكون التصميم غير آمن.

• مسافة المرور المرئية (Passing Sight Distance):

على الطرق ذات المسارات الثنائية والثلاثية فإن إمكانية مرور مركبات متحركة ببطء يجب السماح لها على فترات فقط والا فإن سعة الطريق ستقل والحوادث تزيد حيث أن حبر بعض السائقين ينفذ ويتجاوزن حينما يكون التجاوز ليس آمناً.

أقل مسافة أمامية التي يجب أن تكون واضحة لتسمح بالمرور الآمن تسمى مسافة المرور المرئية وأقل مسافة مرور مرئية حسب مواصفات الـ (AASHO) معطى في الجدول (3- 2) لإستخدامها في التصميم النموذجية.

MINIMUM SAFE PASSING SIGHT DISTANCES

From AASHO Design Standards

Safe Passing Minimum, Feet

Design Speed, Mph	2-Lane		3-Lane *	
	Desirable	Absolute	Desirable	Absolute
30	600	500		
40	1100	900		
50	1600	1400	1100	900
60	2300	2100	1500	1300
70	3200	2900	2000	1800

* Based on assumption that two vehicles are being passed.

جدول رقم (3- 2)

ولطريق سريع ذومسريين فالمسافة المرور المرئية تتحدد بمجموع ثلاث

مسافات:

$$d_1 = \text{المسافة المقطوعة خلال وقت أو زمن الإدراك.}$$

$$d_2 = \text{المسافة المقطوعة بواسطة العربة أثناء التجاوز.}$$

$$d_3 = \text{المسافة المقطوعة للعربة المقابلة أثناء عملية التجاوز.}$$

والافتراض مبين على سرعة العربة المتجاوزة والعربة المقابلة، وسرعة وتسارع العربة المتجاوزة والمسافة بين التجاوز والعربة المتجاوزة على النتيجة النهائية.

ولطريق سريع ذو ثلاث مسارب فإنه يفترض أن العربة المتجاوزة ستجاوز بسهولة عن محور الطريق وعليه فإن (d_3) أي المسافة المقطوعة بواسطة العربة المقابلة يمكن أهملها.

ويفترض مرور وتجاوز شاحنتين وليس شاحنة واحدة.

ومتطلبات مسافة المرور المرئية لا تنطبق على الطرق السريعة ذات الأربع مسارب حيث أن عملية التجاوز لا يجوز أن تتم في مسارات مشغولة بالشاحنات التي تسير بالاتجاه الآخر.

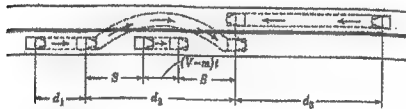
وفي تقدير مسافة المرور الآمنة على طريق ذو مسرفين فإن الافتراضات التالية والملاحظات على تعرف السائقين كانت كالتالي:

- أ. تسير السيارة التي يتم التجاوز عنها بسرعة منتظمة.
- ب. السيارة التي ستجاوز تجبر أن تسير بنفس السرعة للسيارة المتجاوز عنها عند عبور مقطع الطريق حيث مسافة المرور المرئية غير آمنة للتجاوز.

ج. عند العبور إلى الجزء الأيمن المقطع من الطريق الأيمن وتنصح الطريق أمام السائق فإن سائق السيارة المتجاوزة يحتاج إلى وقت قصير (وقد استندراكي) ليتفحص الوضع كاملاً ويراقب السير لمعاكس ويقرر ما إذا كان ممكناً التجاوز أولاً.

د. يتم التجاوز بزيادة السرعة خلال العملية كلها. يظهر السير المعاكس للسيارة في اللحظة التي تتم فيها مناورة التجاوز ولمر من الوصول إلى جانب السيارة المتجاوزة في الوقت الذي عنده اكتمال المناورة.

الشكل (3-2) يبين التعاريف، القوانين، القيم المقدرة لمسافة المرور المرئية الفريق ذات مسيرين وثلاثة مسارب مبينة على الافتراضات السابقة وتعطي كذلك السرعة التصميمية التي تتراوح ما بين (30-70) ميل/الساع



V , Assumed mph, design speed	30			40			60			80			70		
s , Difference between V and speed of passed vehicle, mph	10	15	30	10	15	30	10	15	30	10	15	30	10	15	30
$V = v$, Speed of passed vehicle, mph	20	25	30	20	25	30	40	45	50	60	65	70	80	85	90
$S = V - v + 20$, Braking, ft	40	50	50	50	45	40	60	55	50	64	59	48	60	55	40
a , Acceleration rate, mph per sec	2.8	2.9	3.2	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3
$t = \sqrt{2.75S/a}$, Time, sec	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
$d_1 = 4.4(V - v)t$, ft	30	40	44	132	110	88	176	164	132	280	216	168	336	264	192
$d_2 = 25 + 1.47(V - v)t$, ft	370	485	551	685	729	770	864	896	928	979	1008	1040	1080	1116	1150
$d = d_1 + d_2 + d_3$, ft	400	525	595	812	839	858	1040	1060	1060	1265	1224	1208	1424	1380	1342

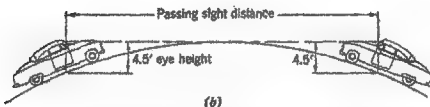
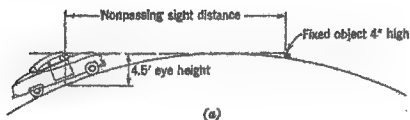
For two-lane highways d_3 is dropped and $d = d_1 + d_2$.

When $d = d_1 + d_2$, ft 300 400 440 520 560 640 720 760 840 920 1000 1080

Diagram and typical computations for passing sight distance (Courtesy Arizona Highway Department)

شكل رقم (3-2)

مسافة المرور وغير المرئية على قمة المنحنى (Non passing Sight Distance crest)، الشكل رقم (3- 9/3) بين الطريق المسموحة لقياس مسافة المرئية وغير المرئية على القمة وتعرف هذه المسافة بأنها أطول مسافة التي عندها يري سائق عينة على ارتفاع (4.5) قدم على سطح الطريق تستطيع أن يرى قمة هدف مقداره (4) على الطريق.



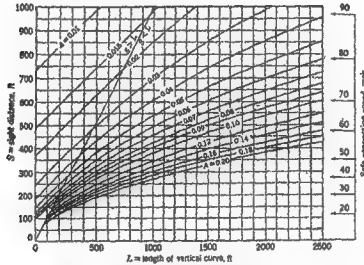
Procedure for measuring nonpassing and passing sight distances over crests

شكل رقم (3- 3)

وفي الشكل (3- 4) أعطيت المعادلات التي تعبر عن المسافة غير المرئية ك الفرق الجبري بين في الانحدار الميل وطول المنحنى العادموي الراسين والحل لهذه المعادلات يستنبط من الجدول التي منها يمكن إيجاد طول المنحنى الراسي اللازم للمسافة غير المرئية تعرف في الميول حتى (20%).

ويضاف مقياس سم عامودي على يمين حافة الجدول يعطي جلا فورياً مرغوب منه للمنحنى الرأسي بمعلومية السرعات المصممة والطرق الجبري الميول.

مسافة المرور المرئية على قمة المنحنى (Passing Sight Distance over crest) الشكل رقم (3-3) b بين الطريق المسموحة لقياس المسافة المرئية على القمة وتعريف هذه المسافة بأنها أطول مسافة التي يمكن للسائق الذي ارتفاع عينه (4.5) قدم على سطح الطريق يمكن أن يرى قمة هدفه ارتفاعه (4.5) قدم على الطريق.



Relationships between vertical curve lengths, grades, and nonpassing sight distances (Courtesy American Association of State Highway Officials)

A = algebraic difference of grades, % + 100

$$\text{When } S > L, S = \frac{7.38}{A} + \frac{L}{2}$$

$$\text{When } S < L, S = 3.52 \sqrt{\frac{L}{A}}$$

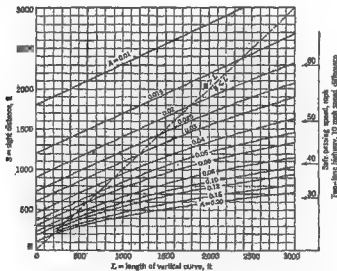
Height of eye 4.5 ft; height of object 4 ft.

الشكل رقم (3-4)

وفي الواقع فإن الارتفاع (4.5) قدم يمثل المركبة القادمة وعلى الشكل رقم (3-5) تظهر المعادلات التي تعبر عن مسافة الرؤيا لمسارين أو ثلاثة مسارب طرق بدلالة الفرق الجبري في الميول والطول للمنحنى الراسي.

وحل هذه المعادلات معطاة في الجدول والذي من يمكن إيجاد طول المنحنى الراسي اللازم لمسافة الرؤيا الذي يمكن إيجاده من الفرق الجبري في الميول حتى (20%) ويضاف مقياس رسم عامودي على يمين حافة الجدول الذي من لاله يمكن إيجاد أقصر طول مرغوب فيه للمنحنى الراسي لطريق ذات مسربين من حيث السرعات المصممة والفرق الجبري في الميول.

وأقصر طول مطلق للمنحنى الراسي لطريق ذو مسربين وأقصر طول منحنى مرغوب الطريق ذات ثلاث مسارب مبين في الجدول (3-2) والشكل (3-5).



Relationship between vertical curve length, grades, and passing sight distances (Courtesy American Association of State Highway Officials)

A = algebraic difference of grades, % + 100

When $S > L$, $S = \frac{LS}{A} + \frac{L}{2}$

When $S < L$, $S = 0.5 \sqrt{\frac{LS}{A}}$

Height of eye and height of object 4.5 ft

الشكل رقم (3-5)

ويلزم منحنيات رأسية أطول لتزويدنا بالمسافة المرئية عن للمسافة غير المرئية.

وكمثال اعتبر أن قمة مشكلة بـ (20٪) ميل إلى أعلى متبوعة بـ ميل 2٪) على أسفل على طريق ذات مسربين والسرعة تصميمية مقدارها 50 ميل/الساعة فإن يتوجب أن يكون طول المنحنى الراسي المستعمل (2900) قدم ليوفر مسافة رؤيا مرئية، بينما منحنى طوله (300) قدم سيوفر مسافة غير مرئية (الشكل 6،7) والمسافات العامودية بالاتجاه السفلي من تقاطع بين المماس للمنحنى العامودي هي (14.5، 1.5) قدم على التوالي أو بشكل آخر على القمة يجب أن تقطع الطريق بـ 13 قدم أو طاً لتزود المسافة المرئية ما إذا كانت المسافة غير مرئية هي الموجودة.

هذا المثال بين لماذا في الأقطار غير المهترئة (الوعرة) فإنه من المكلف جداً الحصول على مسافة مرئية مستمرة على طريق ذو مسربين وكذلك تبين لماذا إذا رغب بمسافة مرئية مستمرة فإن تصميم طريق ذات أربع مسارب يكون أرخص من طريق ذات مسربين بتوفير في الحفریات أكثر من زيادة تكاليف إنشاء مسارب إضافية وقد دلت الدراسات الميدانية للرؤيا على الطريق بينت أن مسافة رؤيا (1500 قدم - 2000 قدم)، قد طلبت من السائقين لتجاوزوا مركبة مسرعة بمقدار (45 - 50) ميل/الساعة.

والأكثر من ذلك أنه فإن مسافة الرؤيا تتعدى (2000) قدم ليست محبذة عند أغلب السائقين من تلك المسافة التي ما بين (1500 - 2000) قدم وعلى نفس الشاكلة فإن نسبة كبيرة من مناورات التجاوز في الأحوال العادية ممكن تأديتها حينما تكون مسافة للرؤيا ما بين (1000 - 1500) قدم هذه الحقائق يبين لماذا اعتمدت مسافة رؤيا مقدارها (1500) قدم أو أكثر كقياس لإستيعاب طريق ذات مسربين لتفي بمتطلبات المرور وكمثال فإن الجدول (3-3) بين مدى التأثير على المساحة لمسافة رؤيا مقدارها (1500) قدم.

EFFECT OF PASSING SIGHT-DISTANCE RESTRICTION ON PRACTICAL CAPACITY OF TWO-LANE HIGHWAYS WHEN ADEQUATE STOPPING SIGHT DISTANCES ARE ALWAYS PRESENT *

Percentage of Total Length of Highway on Which Sight Distance is Restricted to Less than 1500 Ft	Practical Capacity, in Passenger Cars per Hr	
	For Operating Speed † of 45-50 Mph	For Operating Speed † of 50-55 Mph
0	900	800
20	880	580
40	800	500
60	720	420
80	620	300
100	500	160

* The data in this table apply to sections with 12-ft traffic lanes, shoulders adequate for parking disabled vehicles clear of the traffic lanes, and a continuous stopping sight distance corresponding to the design speed. Also, the sight distance on the restricted portions of the section must be uniformly distributed between the required stopping sight distance for the design speed and 1500 ft.

† Average speed for drivers trying to travel at maximum safe speed.

جدول رقم (3-3)

المنحنى العامودي المقعر المقوس:

في الليل فإن مدى وصول ضوء السيارة هو الذي يحدد المسافة التي يستطيع السائق أن يراها أمامه، على المنحنى المقعر فإن شعاع الضوء على سطح الطريق نفسها بدلاً من الأمام وعلى ذلك فالأضواء تقل، وكذلك فإن المنحنى المقعر كثيراً يحد من رؤية السائق على الطريق أمامه.

ومواصفات الـ AASON لا تحدد طول المنحنى العامودي المقعر إلا أن يحدد أنها يجب أن تكون أطول ما يمكن وقاعدة توقييع أقصر طول منحني بمعلومية الفرق الجبري في الميل تستعمل كثيراً.

وهناك اقتراح آخر لتحديد أقصر طول منحني بغض النظر عن الفرق الجبري واستخدمت جداول مسافة الرؤية المبينة على مدى وصول ضوء السيارة في التصميم المبينة على مدى وصول ضوء السيارة في التصميم المبينة على افتراض أن ارتفاع ضوء السيارة كان (2.5) قدم عند سطح الطريق وأن الشعرة العليا للضوء (شعاع الضوء) قد أميل درجة واحدة إلى الأعلى من أن تكون السيارة على طريق مستوي.

الوحدة الرابعة

حجم السير

Traffic Volume

حجم النقل Traffic Volume

حجم النقل: هو عدد المركبات (بأنواعها المختلفة) التي تمر عند نقطة معينة خلال فترة زمنية معينة وتختلف عن كثافة السير التي هي عدد المركبات التي تسير على طول معين من الطريق ولا يمكن تصميم أي طريق إلا بمعرفة حجم النقل على ذلك الطريق.

تعداد المركبات: (Traffic estimates)

يقاس التعداد بعدد المركبات التي تمر من محطة سير ويتم التعداد كل (24) ساعة لمختلف الأيام الأسبوع وهذا يسمح لحساب معدل السير اليومي السنوي (ADT) وفي المناطق المتحضرة فإن أكثر أيام الأسبوع ازدحاماً هو يومي الجمعة والسبت في الدول العربية، والسبت في الدول غير العربية.

ويتلف التعداد في العاصمة أو المدين يقاس بساعات اليوم، أيام الأسبوع، أشهر السنة، وعلى الطرق الأكثر ازدحاماً والشوارع فإن القياس الساعة/كل ساعة لقمة الازدحام مفيدة جداً، ويمكن حساب ذلك كل بضرب العدد كل 5 دقائق أو 15 دقيقة في (12) أو (4) ولا يصبح اقتصادياً تصميم خدمة ازدحام كل ساعة خلال سنة/وعلى أي حال فقد تم التأسيس على أنه لعدة ساعات كل سنة فإن كثافة السير تقترب من تلك في الساعة الثلاثية حيث يزداد الحجم الساعي (29) ساعة كل عام، وكقاعدة فإنه من المناسب تصميم الطريق لتستوعب هذا الحجم (حجم الثلاثية ساعة)، ولتسواء الحظ فإن النسبة بين المعدل اليومي للسير والثلاثية ساعة ليست ثابتة لجميع الطرق، ولذلك فإن معلومات إضافية يجب جمعها عند كل موقع إذا ارتأينا أن تكون هذه النسبة معتمدة، ولقد اتفق على أن تكون هذه النسبة ثانية من سنة إلى سنة في موقع معين، وكذلك مجموعة قيم يمكن أن تعرف والشكل (2) يبين أن (70%) من شوارعنا وطرقنا مجمع الثلاثية ساعة يقع ما بين (12 - 18%) من معدل السير اليومي، ونهاية التسجيلات بينت أن حجم

الثلاثية ساعة تتراوح ما بين (8 - 38%) من معدل السير اليومي، وللمواقع في المدن فإن المعدل هو (15%) بينما في المناطق الخارجية (الزراعية مثلاً) فإنها تشكل قرابة (12%).

والفصل بيانات تعداد السيارات بنسبة اتجاه السير هامة حيث التدفق الكبير يحدث في اتجاه واحد في وقت واحد من اليوم وفي الأخر في وقت آخر.

وفي بعض الأحيان الاقتصاد في التصميم النهائي يمكن تحقيقه باستخدام نفس المسرب للمركبات في الاتجاه الآخر وبشكل عام فإن الهدف من تعداد السيارات أو المركبات هو:

1. إيجاد عدد السيارات كل ساعة خلال اليوم الواحد وخلال أيام السنة ومعرفة الساعات التي يمر بها أكثر ازدحام للسيارات واختيار الـ (30) ساعة في السنة من ساعات الازدحام.
2. عدد السيارات لكل يوم على مدار (365) يوم وتبيان الأيام والأشهر التي بها أقصى كثافة سير.
3. حساب المعدل اليومي للسيارات ((Averal Avenage Daily Traffic)).
4. حساب معدل السير اليومي لكامل السنة (Annual Avenage Daily Traffic) وهو مجموع المركبات مقسوماً على عدد أيام السنة (365 يوم).
5. تحديد طبيعة حركة السيارات عند بعض النقاط وفي أماكن محددة عند الدخول والخروج منها.
6. تحديد حركة المركبات السيارات عند التقاطعات.

دراسة التغيرات في حجم السير على مدار اليوم والفصل والسنة:

من الدراسات التي أجريت على تعداد السيارات كما سبق ويرسم المخططات والمنحنيات للعلاقات يبين أن (الشكل 1).

حجم السير يتميز ما بين ساعة وأخرى بالنسبة للباصات والشاحنات (القلابات وخلافه).

- للباصات أن أكثر الأوقات ازدحاماً للباصات هي ما بين الساعة السابعة والثامنة صباحاً بمعدل مرور 200 باص/الساعة.
- للباصات أن أكثر الأوقات ازدحاماً للباصات هي ما بين الساعة الخامسة والسادسة مساءً بمعدل مرور 200 باص/الساعة.

أما بالنسبة للقلابات/ فإن حجم السير يكون كالتالي:

- أن أكثر الأوقات ازدحاماً للقلابات والشاحنات هو الساعة (8.30) صباحاً بمعدل (700) حافلة/الساعة.
- أن أكثر الأوقات ازدحاماً للقلابات والشاحنات هو الساعة الواحدة والثالثة مساءً بمعدل (600) حافلة/الساعة.

وإذا أخذنا التغير في أيام الأسبوع لشهر كانون ثاني وحزيران.

- فإن أكثر الأوقات ازدحاماً خلال أيام الأسبوع هو يومي الاثنين والجمعة من شهر كانون ثاني.
- أكثر الأوقات ازدحاماً خلال أيام الأسبوع هو يومي الاثنين والجمعة أيضاً من شهر حزيران.

• أنواع التعداد المطلوب:

- تعداد للمشاة لتباين حركتهم وعدد السيارات الداخلة والخارجة في المنطقة لاستخدامها في تصميم الأرصفة وعددها.
- تعداد على التقاطعات وتحديد اتجاه حركة المركبات لتصميم الإشارات أن لزم وتقدير السعة.
- تعداد على نفس الطريق.

- تعداد المركبات من حيث أنواعها لتصميم رصفة الطريق.

• الطرق المتبعة في إجراء التعداد:

- التعداد البشري: حيث تقوم مجموعة من الدارسين أو المتطوعين أو من هندسة المرور في البلديات أو أمانة عمان بالوقوف في أماكن معينة ويتم تسجيل المعلومات التالية عند الملاحظة الفورية للسيارات المتحركة:
- عدد السيارات - أنواع السيارات (ركوب صغيرة - كبيرة - باص - شاحنة سيارة خاصة ...)
- عدد المحاور - وقت المرور - اتجاهات السير - طبيعة لاستعمال للمركبة وهذه الطريقة مكلفة وربما يشوبها الإهمال وتحتاج إلى فريق كبير لتغطية المناطق المدروسة.
- العداد الميكانيكي ويشمل:
- التصوير بالرادار: حيث يحدد شكل السيارة ورقمها ونوعها وسرعتها ووجهتها.
- اللاقط المغناطيسي: يقوم بقياس عدد السيارات المارة.
- الانابيب المطاطية والخرطوم المثبتة على سطح الطريق وتقوم بعد السيارات المارة.
- التعداد والمتحرك: حيث تقوم سيارة بالسير على الطريق بسرعة ثابتة ويقوم السائق أو المسئول بتسجيل عدد السيارات المارة اتجاه السيارة التي تسجل القراءات وكذلك يقوم السائق أو المسئول بعد السيارات المقابلة على الجهة الأخرى من الطريق وباستعمال معادلة خاصة يوجد عدد السيارات الكلي.
- يتوقف السيارات وتوجيه مجموعة من الأسئلة للسائق والركاب الذين معه عن وجهة سيرهم ونوع السيارة وسرعتها وعدد محاورها
- بالمقابلة لشخصية في (Door Bell) عن طريق زيارة الشقق في مساحة معينة والاستفسار من صاحب الشقة أو أي شخص في الشقة عن رقم السيارة ونوعها وعدد محاورها واتجاهاتها (من وإلى)

- بإرسال استبانات على عناوين الأشخاص وجمع هذه الاستبانات بطريقة معينة واستخلاص المعلومات وتجربتها من هذه الاستبانات.
- تثبيت إشارات على السيارة (كالإشارة التي توضع في دائرة ترخيص المركبات للسيارات) تبين موعد انطلاقها من المكان وموعد الوصول إلى منطقة أخرى وهكذا.

• أماكن العد:

- على محطات متباعدة من بعضها مثلاً (كم) أو أكثر أو أقل من ذلك تكون ثابتة لفترة ثم تتغير.
- عند أماكن إشارات المرور.
- عند أماكن فحص وتوقيف السيارات على الطرق.
- عند نقاط تواجد رادات على الطريق وكاميرات كالتى ركبته أمانة عمان على الإشارات الضوئية.

• فترات التعداد:

الفترة تتبع التعليمات الصادرة من دائرة الهندسة في أمانة مثلاً أو الأشراف العامة/ أي جهة أخرى فمثلاً يمكن بدء العد كل:

- ساعة على مدار اليوم.
- ساعة ازدحام.
- كل 12 ساعة (يحدد البدء والانتهاء) أو أي ساعة ابتداء وأي ساعة انتهاء أكثر أو أقل من 12 ساعة.
- كل يوم.
- أسبوع.
- شهر.
- سنة.
- أيام العطل وأيام النشاطات.

- في الأيام الحارة والباردة.
- أثناء اغلاقات الطرق وبناء الجسور والإنفاق.

ويعتمد كل ما ذكر أعلاه على طبيعة التعداد والغاية منه:

• حجم السير الحالي والمستقبلي:

يتوجب القيام بدراسات ميدانية أو من القيود والتسجيلات الموجودة لمعرفة مقدار التطور المستقبلي الذي على ضوءه تعمل مسارات جديدة على الطرق وعمل تقاطعات ومنحنيات وأية روافد أخرى على الطرق (تصميم جديد) وكذلك معرفة عدد السكان المستقبلي لأن مستلمي ومستخدمي الطريق هم أصحاب السيارات والشاحنات وكذلك دراسة الأراضي والمساحات لغايات التوسعة والاستملاكات وحقوق الطريق.

كل ما ذكر أعلاه وما لم يذكر يجب أن يدرس بعناية لغايات التصميم المبني على:

1. كمية السير الحالي وإجراء مقارنات من دراسات مماثلة.
2. الكمية المتوقعة لزيادة عدد السيارات كما هي الحال في زيادة السكان وتطور الاقتصاد والتسهيلات.
3. حجم عدد السيارات المتزايد عند امتداد طريق أو فتح طريق في منطقة ما تخدم القاطنين حول الطريق.
4. استعمالات الأراضي تساعد على فتح شوارع جديدة وبالتالي سير سيارات جديدة إضافية، وهكذا على ضوء ما تقدم يجب تصميم الطريق لإستيعاب الإعداد الحالية من المركبات وما سيؤول إليه هذا العدد بعد مرور حقبة طويلة من الزمن لأن تغيير الطرق يستوجب كلفة اقتصادية باهظة.

الوحدة الخامسة

اختيار مسار الطريق

***Highway Surveys
& Plans***

اختيار مسار الطريق

Highway Survey and Plans

أشارة أن متطلبات السيرا الحديثة وتطور صناعة السيارات أديا إلى تزايد الطلب على مساحات ومواقع أوسع للحصول على السرعة والأمان ورخص التشغيل، وعلى المهندس المقيم الآن أن يعمل أكثر من تصميم طريق أو مسرب ليلبي المطالب الدنيا للمنحنيات والميول، فالموقع يجب أن يمزج المنحنيات، الميول، عناصر الطريق الأخرى ليحصل على ركوب وإنسياب مروي بسعات كبيرة ومتطلبات أمان أكثر.

في المناطق المستقرة يجب على المهندس أن يتعرف ويقيم الأثر على الصناعات، التجارة، الأعمال والقيم السكانية والتطوير وإعادة التطوير المستقبلي.

وإذا كان إعادة البناء يشمل توسيع الطريق، فقد أخذ بعين الاعتبار الممتلكات على جانب واحد أو جانبي الطريق ولا ينطبق هذا الآن على الطرق ذات التفرعات الكثيرة وبدلاً من ذلك تبني مواقع جديدة بعيدة عن أماكن التجمعات ذات القيمة العالية فيتوسع جوانب الطرق ومراقبة الدخول والخروج على هذه التفرعات يسهل عملية إضافة أي مسارب أخرى وحماية الممتلكات من التوسعات المستقبلية.

وقبل البدء بمسح الموقع للطريق يجب أخذ قرارات محددة بشأن تصميم السرعة ومقاطع الطريق وأكبر ميل ممكن، ولتكن هذه صحيحة يجب أن تعتمد على تقديرات الكمية، الطبيعة توزيع المرو على الساعات مع المعرفة التامة بالمساحة اللازمة والأموال المرصودة.

ومع تقدم الاستطلاع المساحي فإن الاختيار بين المسارات المحتملة وقرارات التصميم يجب أن تعمل ويجب النظر إلى الكلفة الشاملة الاقتصادية الأقل مع الأخذ بعين الاعتبار استثمار الأموال وتكاليف الصيانة والتوفير على مستخدم الطريق.

مواقع الطريق والمسح في المناطق القروية/الزراعية،

Reconnaissance Highway Location and Surveys in Rural ARAS

استطلاع الموقع (Reconnaissance): الخطوة الأولى في توقيع طريق ما هو الاستطلاع المكثف من قبل مختصين وهذا أيضاً ضروري في حالة إصلاح واستبدال طريقة مخططة سابقاً، والخطوة الأولى أيضاً للدراسة المتأنية لكل الخرائط المتوفرة وخاصة الطبوغرافية منها، حيث يمكن وضع خطوط الطريقة عليها لتنفيذها على الأرض.

ويتم الاستطلاع عادة بوسائل مساحية سريعة باستخدام البوصلة لقياس الزوايا والاستاديا لقياس المسافات وحيث يرتفع ميل الطريق أو ينخفض، يمكن استخدام ميزان توتر ابني Abney level أو جهاز الكلينوميتر ونهايات الطريق والنقاط المتوسطة التي يجب أن يمر من خلالها تشكل التحكم المبدئي في المسح.

وإذا لم يكن هناك وسيلة أرى للتحكم فيعتمد أي موقع جسر معين أو أي جبل معين للقيام بذلك، وكما هو الحال لمناظر طرق جميلة فإن موقع منطقة أخشاب أو مساقط مائية أو بحيرات أو أشياء أخرى جاذبة ممكن أن تكون فقط مراقبة مبدئية، التجمعات الاستيطانية الصغيرة التي يمكن أن تتجاهلها أثناء تنفيذ الطريق يمكن أن تكون نقطة مراقبة مبدئية للطرق الثانوية، نظام صرف، ممرات جبلية أو نقاط منخفضة في قلة كثيراً ما تشكل نقاط ثانوية، عوامل الكلفة كظروف التربة أن كانت مواتية أو غير مواتية، عدد وحجم المنشآت، وكميات الحفريات وغيرها ضرورية لاستقامة ناجحة وميل وما شابه يمكن اعتبارها كنقاط مراقبة ثانوية.

في الأماكن الجبلية ذات القمم معروفة الارتفاع جيداً فإنه هناك ممر يمكن الاقتراب منه يسير المجري على جانبي وأقل كلفة وأكثر استقامة خطوط يمكن أن تكون فوق الماء العالي في الجداول، وقلما تكون ارتفاع الوادي يزيد عن الميل المسموح به، فإذا اتبع انحدار الجدول فيتوجب أن تطول الطريق لتأمين الحصول على ارتفاع كي النسوب لتأمين تسلق مسموح به.

والفشل في تثبيت نقطة انطلاق صحيحة في قعر الوادي يتسبب في وجود منعطف غير ضروري والاستكشاف في مثل هذه الحالات يفضل أن يكون من الأعلى إلى الأسفل (من القمة إلى القاع) وخلال الاستكشاف يتوجب تدوين بعض الأماكن المناسبة للانعطاف أو الانحناءات.

في المناطق الثلجية فيفضل أن تثبت المواقع على المنحدرات المعرضة للشمس لتلافي التجمد على الطريق ولتسهيل عملية إزالة الثلج، ومن الطرق المفضلة في استكشاف المناطق الوهرة الجبلية هو باستخدام الطائرات، أي المسح الجوي، فالاضطلاع من أعلى يعطي صورة مختصرة دقيقة ولا يمكن الحصول عليها من الأرض، وفي بعض الأحيان يمكن إنشاء نقاط مراقبة ثانوية ويمكن التحول عن العوائق التي تصادف المسح وتجنبها في هذه المناطق والمسح الجوي يكمل المسح الأرضي في الأحاطة بالمناطق المتاخمة لخط الطريق المقترح، وبعد الانتهاء من أعمال المسح يمكن تلخيص هذه الأعمال فيما يسمى تقرير المسح والذي يحتوي على الملاحظات لكل طريق مقترح مثل الطول الكلي لخط الطريق، والارتفاعات للقمم الرئيسية والمتوسطة، الميلانات عبور الشلالات، مقاطع مقترحة، طبيعة الأنشاء، حرم الطريق المقترح وما يحيط به، ظروف وأحوال التربة، وجميع المعوقات التي يمكن رؤيتها، وكذلك الكلفة التقريبية وغيرها من الأعمال التي يراها المهندس ضرورية وتحتاج إلى تدقيق للأعمال السالفة الذكر، ويجب أن يكون هناك مخطط موقع لسير الخط المقترح وخارطة مساحية ريعية.

وكذلك يجب أن يتوفر في الملاحظات المرونة معلومات تمكن من معرفة نقاط المراقبة واتجاه الخطوط، ويتوجب أن يتوفر أيضاً خارطة جوية تبين كامل منظر مكتمل للمساحة كاملة تبين عليه الجسور والنقاط الصعبة والمقاطع التي يجب أن تمسح.

ومما سبق جميعه تبين أن مسحاً جيداً يتطلب معرفة جيدة للمشاكل الأساسية لتصميم الطرق وأنشائها وصيانتها، وللموقع الصعبة فيتوجب أن يكون هناك معرفة بالجيولوجيا وينبع هذا أن المسح الجيد أو الاستطلاع الجيد يمكن تنفيذه فقط من قبل مهندس ذكي مؤهل ذو خبرة.

(التطوير الجوي)

(Aerial Photographs in reconnaissance)

الصورة الجوية والخرائط المعمولة من الصور أداة ذات قيمة نفيسة لا تقدر بثمن في توقيع الطرق سواء في المناطق الخالية أو المأهولة، والخرائط والصور الجوية ممكن الحصول عليها من المركز الجغرافي الأردني كجهة متخصصة في التصوير الجوي.

وأكثر الخرائط فائدة تلك الصور الجوية ذات الكاميرا (آلة التصوير) الموجهة عامودياً إلى أسفل، والصور تؤخذ بشكل متوازٍ وعلى مسافات مدروية تماماً بحيث تتطابق الصور بنسبة (30%) ويجب أن تكون الطلعات الجوية كافية لتغطية المساحة كلها المراد عمل مشاريع فيها، والصور العامودية المتتامة في كل طلعة جوية يجب أن تتطابق بنسبة (55-65%) لكي ويحيث يكون مركز إحدى الصور (النقطة الرئيسية) مشمول في كلا الصورتين المتجاورتين، ومقياس الصورة يتحكم بالارتفاع الذي عنده أخذت الصور وعادة ما يكون موضع الطائرة على ارتفاع (5000) قدم من الأرض والذي يمكن الكاميرات من التصوير بمقياس مقاديرها (500) قدم/أنش بمعنى أن صورة (9" × 9") تعطي مساحة مقاديرها $\left(\frac{3}{4}\right)$ الميل لكل جانب، والاستطلاع مواقع أخرى يمكن استخدام مقياس (500) قدم لكل (1) أنش وحيث المطلوب أن الصور أو الخرائط المطولة مما سبق أن تحل محل أو تبين الموقع على الأرض يمكن استخدام مقياس أكبر مثل (100 أو 200) قدم لكل (1) أنش، وبالنهائية إذا كان اعتمدت المواقع المساحية والمخططات المبينة على الصور فإن

مقياس مقداره (50) قدم لكل (1) أنش أو حتى أكبر ممكن استخدامه، ويمكن الاستفادة من الصور الجوية المساحية (Mosaics) بمضاهاة مراكز الصورة المنفردة في المناطق المفتوحة السهلة بصورة مركبة لكامل المنطقة يمكن على الأقل اختيار مسار الطريق العام من الصور الجوية المساحية وهذا النمط مساعد في المناطق الكثيفة بالأشجار كالفابات وكالمستنقعات وحيث يكون الاستطلاع الأرضي صعباً، ومشاكل الصرف يمكن أن تبين وتحدد مساحات الصرف، ولذلك فالتصوير الجوي المساحي مفيداً جداً وسهل ويساعد في مناقشة الخطط المقترح من الجهة المسئولة، وكما ذكر سابقاً فإن الصور الجوية العامودية التي أخذت من قبل مواقع طائرات مختلفة ويتطابق (55- 65%) يمكن رؤية مجسم هذا التطابق بواسطة الستيريوسكوب، تبين التضاريس بشكل سهل وإذا كانت المنطقة المسوحة وعرة فإن دراستها بواسطة الستيريوسكوب سوف تقصر حجم العمل المساحي، حيث يبين هذا الجهاز مواقع الخطوط بدقة ويتفصيل من مجموعات الصور.

ومقياس رسم الصور الجوية النهائية هي (1: 62500) أو حوالي (1) ميل إلى (1) أنش وفي المناطق الزراعية والصناعية والريفية يستخدم مقياس (1: 24000) أو (2000) قدم لكل (1) أنش.

التوقيع المساحي في المناطق العمرانية/المتحضرة

(Rural Location Surveys)

التوقيع المساحي المبدئي الأساسي الأولي

(The Preliminary Location Survey)

بعد الاستطلاع فمن الطبيعي أولاً أن تبدأ المسح المبدئي وتتبعه بتوقيع المسح النهائي ويتم عمل هذين النوعين من المسح عن طريق جهاز الترانزيت والجنزير (Transt & chaining Method) في المناطق الضيقة المزدحمة يثبت خط مؤقت أكثر دقة من الاستطلاع بواسطة ميزان يدوي أو شعيرات جهاز الترانزيت قبل بدء المسح الابتدائي الأولي، ويشكل المسح الأولي الابتدائي الهيكل الذي يعتمد عليه الطبوغرافية الصحيحة والذي يعتبر الركيزة لتثبيت الطريق الحقيقي.

ويسمى خط الأساس في المسح الابتدائي الأولي خط الـ (P) والذي يجب أن أقرب ما يكون إلى الخط المتوقع، ويجب عمل الخطوط قصيرة إلى حد ما لتجنب زوايا الانحراف الأكثر من (30) لتقصير وتقريب الانحناءات الطويلة.

وتوقع المناظر الطبيعية والثقافية التي يمكن أن تؤثر على الخط يمكن ربطها بالنسبة لهذا الخط وتأخذ المناسب لمحطات على بعد (100) قدم لكل وصند الكسرات في الأرض لوضعها على المقطع الطولي وتكون كأساس كنقطة انطلاق للمخطط الكنتوري أو المقطع العرضي مغطية مساحات على الجانبين من خط الـ (P) والعرض المغطى يختلف حسب الطبوغرافية واستخدام الأرض ولكنه يتراوح ما بين (100 – 800) قدم وكل نقاط التحول (Transit) ونقاط المرجع (Bench monke) للمساحة المبدئية يجب أن تثبت جيداً أو نهائياً ويعترض المهندسون على مدى دقة المسح الابتدائي، ويمكن الحصول على السرعة باستخدام الجنزير أو طريقة الشعير للسناديا لقياس المسافات.

وعلى أي حال هذا النظام يقلل من عدم فائدة خط المسح الابتدائي لضبط الدقة للموقع النهائي، وعلى الطرق الآخر إذا ما توازي الخطان بالضبط وإذا أخذ مسافة ضبط بينهما فإنه يمكن عمل تدقيق ممتاز، ويمكن أخذ اتجاهات مقارنة (Comparative bearing) بتدوير زاوية أو اثنتان وتدقيق النتائج النهائية الكلية من حسابات خطوط الطول والعرض لكلا الخطين.

وبشكل مختصر فإن المسح الابتدائي الأولي يتم كالتالي:

1. تحديد أطوال المضلعات وزوايا الانحراف واتجاه الشمال.
2. أخذ مناسب طولية على كل محطة على طول الأضلاع ابتداء من نقطة المرجع Bench Monk.
3. تؤخذ مناسب ومسافات متعامدة على الخط (P) على اليمين واليسار.
4. في المكتب يرسم المضلع وزوايا وتوضع المناسب الطولية والعريضة على المضلع وتحدد الخطوط الكنتورية بوصل النقاط ذات الارتفاع الواحد.

5. تعدل مسارات الخطوط على ضوء المخطط الطبوغرافي حتى يتم التوصل إلى أنسب مسار بأفضل الشروط.
6. توضع المنحنيات الأفقية حسب نوع الطريق مع مراعاة الخدمات حول خط الطريق.

المسح التثبتي النهائي

(The Final Location Survey)

التوقيع النهائي ضروري ويتضمن أساساً تثبيت الاوتاد على الأرض على امتداد الخط المركزي الرئيسي للطريق وهذا يعطي الفرصة للتصحيح القليل بإزالة الخط مثلاً - تعديل الميول - تعديل الإنشاءات - القنوات ووسائل الصرف الأخرى.

ومن المعتاد عمل مقطع طولي جديد ومقاطع عرضية مضبوطة التي منها تحسب كميات القطع والردم (كميات التربة) والأرضية وملحقات الطريق بدقة.

ويجب وضع نقاط كافية للمنحنيات والممارسات أثناء عمليات الإنشاء ويجب تثبيتها ووضع نقاط مرجع للحاجة إليها عند إعادة ترسيم الخط أثناء الإنشاء، ويجب وضع النقاط وما ذكر على مسافات متقاربة ومواضع خالية من الضوضاء أثناء الإنشاء.

واتجاهات خطوط الملكية ومسافات وزوايا الملكيات الخاصة ومواقع الأبنية، والاسجية وكل ما هو موجود حول الطريق يجب أن تثبت بدقة خوفاً من خلق مشاكل تتعلق بالملكية الشخصية والأضرار التي تلحق بها وما إلى ذلك.... وكل هذه الأقيسة تقع على عاتق فريق توقيع الخط، وعلى فريق التوقيع أيضاً تبيان مواقع الجداول أن وجدت ومنابع الماء من تبدأ وأين تصب وهكذا.

الوحدة السادسة

التصميم الأفقي

والرأسي للطريق

أنواع المنحنيات الأفقية والرأسية:

تقسم هذه المنحنيات إلى الأنواع التالية:

- وهي قطعة من دائرة بين مماسين.
- وهو عبارة عن منحنيين دائريين يانصاف أقطار مختلفة والمنحنيات في نفس الاتجاه متصلان مع بعضهما.
- وهما منحنيين دائريين باتجاهين متعاكسين
- وهو منحني بنصف قطر متغير يبدأ بنصف قطر كبير ويصغر تدريجياً حتى النهاية ومن أنواعها الحلزوني (Spiral) والقطع المكاني (Parabola)
- يتكون من منحنيين اثنين باتجاه واحد يفصل بينهما فاصل صغير

المنحنيات الأفقية

(Flator Horizontal Curves)

- المنحنى الأفقي البسيط (Simple curve)
- المنحنى الأفقي المركب (Componed Cune)
- المنحنى الأفقي المقلوس (Reversed curve)
- المنحنى الأفقي الانتقالي (Transition curve)
- منحني يظهر مقلوس (Broken back cure)

• أماكن استخدام المنحنيات:

- تستخدم المنحنيات الطبيعية في المناطق الجبلية كما بينا سابقاً.
- وتستخدم المنحنيات المتوسطة في المناطق الوعرة والمتدرجة.
- وتستخدم المنحنيات الواسعة في المناطق السهلية.

وهناك ربط بين السرعة ونصف قطر المنحنى. وهذا الربط طردياً فكلما زادت السرعة كبر نصف قطر المنحنى والعكس صحيح.

- ووظيفة المنحنى بشكل عام هو السماح بالانتقال التدريجي من الخط المستقيم إلى الدائرة ثم إلى الخط المستقيم ثانية، أمن الخط المستقيم إلى دائرة أخرى بنفس الاتجاه أو معاكسة للاتجاه ثم إلى الخط المستقيم ثانية، دون تعريض السائق أو الركاب إلى مخاطر.

• حسنات المنحنى الانتقالي:

1. إعطاء فرصة كافية للسائق قبل دخوله إلى المنحنى الدائري (الدائرة).
2. سهولة الدخول والخروج في المنحنى.
3. إعطاء ميلان مناسب للطريق على منحنى يتناسب مع قوة الطرد المركزية بحيث تبقى سرعة المركبة منتظمة وراحة للسائق.
4. سهولة تعريض (Widening) الطريق عند المنحنيات الصعبة.
5. لأعطاء منظر جميل لمسار الطريق وخاصة لمنظر المنحنى من أعلا وعلى المنحنى.

• طول المنحنى الأفقي:

يعتمد طول المنحنى على العناصر التالية:

- طوبوغرافية المنطقة.
- أنواع العوائق في المنطقة كالأبنية والأشجار والآثار والتربة السخنة السيئة.
- نوع درجة الطريق المقترحة أولى، ثانية،
- السرعة التصميمية المقترحة على الطريق.
- الكلفة الاقتصادية المقترحة.

لتصميم المنحنى الأفقي يتوجب معرفة زاوية الانحراف (°) ونصف القطر ثم من هاتين القيمتين تحسب بقية متطلبات تصميم المنحنى:

$$1. \text{ فلايجاد طول المنحنى } (L) = \frac{2 \text{ نق ح} \times \text{°}}{360}$$

° درجة تحفر قوساً طوله (L)

، L هو 360° تحصر قوساً طوله 2 نق ح.

2. درجة المنحنى (D) تعرف بإنها درجة تحصر قوساً طوله 30 متراً

$$\frac{30 \times 360}{2 \text{ دق ط}} = D \quad \square$$

3. المماس = دق × ظا نصف الزاوية المركزية.

4. المسافة = M = طول الوتر - نصف القطر

$$\text{طول الوتر} = 2 \sqrt{2 \text{ دق} + \text{طول المماس}^2}$$

• فتحدد نقطة بداية المنحنى من معرفة طول المماس ثم يقاس هذا الطول رجوعاً (بالعكس) من نقطة التقاطع Point of Intersection ونهاية المنحنى تكون من بداية المنحنى + طول المنحنى.

• تثبيت المنحنى الأفقي؛

1. تثبيت بداية المنحنى (PC).
2. نضع آلة البثودوليت على النقطة (PC) وننظر إلى الخلف باتجاه المماس.
3. نقلب تلسكوب البثودوليت باتجاه نقطة التقاطع (PI).
4. ندير التلسكوب بزاوية تساوي نصف زاوية درجة المنحنى.
5. نقيس وتراً يعادل الوتر المقابل للزاوية المركزية التي تساوي زاوية درجة المنحنى وتثبت نقطة عند تقاطع خط النظر مع نهاية الوتر.
6. ندير التلسكوب زاوية أخرى تعادل نصف زاوية درجة المنحنى ونقيس وتراً ثانياً من نهاية الوتر الأول بطول الوتر المقابل للزاوية المركزية المساوية لدرجة المنحنى حيث يلتقي خط النظر مع الوتر وهكذا.
7. نرقم أرقام محطات الطريق كل (20م) أو (25) متر وهناك محطة (صفر) + 20 محطة صفر + 40 وهكذا.

• المنحنى الانتقالي (Transition Curve)

يدخل في تصميم المنحنى الانتقالي زاوية الانحراف ونصف قطر المنحنى الأفقي وطول المنحنى الانتقالي وتحدد زاوية الانحراف ونصف قطر المنحنى الأفقي من المخططات الطبوغرافية ودرجة الطريق والتخطيط الأفقي، أما طول المنحنى فتستخدم الجداول التي يبين فيها ميل سطح الطريق وطول المنحنى الانتقالي.

التصميم الرأسي للطريق مهام التصميم الرأسي

(Vertical Alignment)

- وضع خطوط الانحدار والصعود
- وضع مناسب الأرض الطبيعية
- تحديد الحدار الخطوط
- تبيان ارتفاعات سطح الطريق الترابي النهائي عند المحور وليس الأطراف
- تصميم منحنيات رأسية
- تبيان أطوال المنحنيات عند بدايتها ونهايتها
- المنحنيات
- تبيان نقاط تقاطع المماسات
- العوامل التي تحكم بالانحدار:
- كتابة نسبة الميول (+) أو (-) 2 أو 3 أو 5.
- طوغرافية المنطقة.
- التخطيط الأفقي.
- مسافة الرؤية.
- وجود سيارات وشاحنات ثقيلة.
- السرعة.
- تكلفة الإنشاء

• السرعات (Speeds)

العوامل التي تؤثر على السرعة:

- السائق.
- السيارة.
- الطريق نفسها.
- حالة الطقس.
- وجود مركبات على الطريق.
- المنحنيات على الطريق.
- عدد المسارب.
- الأحوال البيئية حول وعلى جوانب الطريق.
- وجود شواخص وإرشادات مروية ولوحات دليلية.
- عوامل أخرى مثل مراقبة الطريق وجود وسيارات شرطة، ممرات على الطريق،.....
- وجود تقاطعات على الطريق.
- مسافة الرؤية.
- الانحدارات والأرتفاعات.
- طبيعة سطح الطريق (الخشونة والنعومة).

أنواع السرعات Types of Speeds

1. سرعة التصميم Design Speed

وهي السرعة التي يتم بها تصميم الطريق ومنحنياتها وأطوالها ومسافة الرؤية وعدد المسارب والسعة و..... أو هي أقصى سرعة يمكن للسائق أن تسير بها بأمان في ظروف آمنة، وتعتمد هذه السرعة على طبوغرافية الطريق ودرجة الطريق وحجم السير والكلفة الاقتصادية، والجدول يبين سرعة التصميم في المناطق المختلفة، الجدول رقم (6- 1).

السرعة / كم / الساعة			
ضيق المنطقة	طريق رئيسي	طريق ثانوي	طريق زراعي / قروي
سهلية	120	100	80
متدرجة	100	80	60
جبلية	80	60	40

يتم اختيار السرعة التي يسير عليها (98%) من السيارات بمعنى أن (98%) من السيارات تلتزم بهذه السرعة 2% تشد عن هذه القاعدة ومن أجل ذلك يتم إيجاد المجموع التراكمي لسرعة السيارات ويتم اختيار تلك السرعة التي يسير عليها (98%) من السيارات.

2. سرعة التشغيل (Running Speed): وهي معدل سرعة السيارة على طول مسافة معينة ويتم احتسابها بإيجاد المسافة المقطوعة وقسمتها على الزمن وفائدة سرعة التشغيل هي:

- كيفية اختيار سرعة التصميم.
- فكرة من التأخير جراء المنعطفات والإزحامات المرورية.

الجدول التالي رقم (6) يبين العلاقة بين سرعة التصميم وسرعة التشغيل

السرعة التشغيلية / كم / الساعة			سرعة التصميم كم / الساعة
سير كثيف	سير متوسط	سير قليل	
40	42	45	50
48	51	54	60
56	66	70	80
60	78	85	100
62	90	98	120

3. سرعة الرحلة (Journey Speed):

وهي معدل سرعة السيارة على طول مسافة معينة مع إدخال وقت الوقوف والتأخير في الحسبان، وهذه السرعة مقياس لكفاءة الإشارات ونظام السير وحركة السيارات والإزدحامات.

ويقسم التأخير إلى:

- أ. تأخير ثابت، وهو توقيت الإشارات الضوئية وإشارات الوقوف والتقاطعات.
- ب. تأخير تشغيلي: من السيارات الواقفة على جوانب الطريق، دوران السيارات (UTURN) وحركة المشاة وبطء السير إجمالاً ومن الحوادث على الطرق، وهذا يعكس كفاءة الطريق والحاجة إلى تطويرها.

4. سرعة النقطة (Spot Speed): وهي سرعة السيارة في نقطة معينة ويستفاد منها في تحديد كفاءة الطريق واثـر التقاطعات على حركة السير وكذلك تحديث الطريق وتقاس هذه السرعة بالرادار أو التصوير.

لوحة مسقط ومقطع Plan & Profile:

هذه اللوحة يكون نضعها العلوي أيضاً ونصفها السفلي مربعات، ويرسم التصميم الأفقي في الجزء العلوي من اللوحة والتصميم الرأسي في الجزء السفلي من اللوحة.

على ماذا يشتمل السفلي:

في الجزء السفلي	[	- إرقام المحطات
		- مناسيب الأرض الطبيعية
		- مناسيب الطريق بعد التصميم
في اللوحة	[	- الانحدارات والارتفاعات
		- المنحنيات الرأسية والأفقية
		- نقاط (Bench Monk) المرجعية
		- كميات الروم والحفر والقطع
		- عرض الطريق وأماكن الحواجز
		- نتائج فحص التربة

لوحات إضافية

- لوحات الدليل العام.
- لوحات طبوغرافية.
- مقاطع عرضية نموذجية.
- رسم للمعارات.
- لوحات إرشادية للإشارات.
- أي لوحات أخرى.

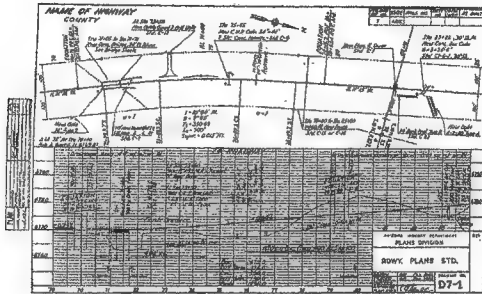


Fig. 8. Typical sheet of plans for a 2-lane rural highway (Courtesy Arizona Highway Department)

الشكل رقم (6-1)

الوحدة السابعة

عناصر المقطع العرضي للطريق

Elements of X - Section

وللمناطق قليلة كثافة السير فتعمل الاكتاف بمرض يتراوح ما بين (1- 2) متر وللشوارع الجانبية والتي تصب في الشوارع الأكثر سعة تعمل اكتاف بعرض (1- 1.5) متر.

ميلول الاكتاف:

يفضل ان تكون الاكتاف مائلة أكثر من ميل سطح الطريق ولذلك تزداد الميلانات للاكتاف بدرجة أو درجتين عن سطح الطريق فإذا كان سطح الطريق مائلاً مثلاً (2%) فإن ميل الكتف يجب أن يكون (3- 4%) أي أن ميل الاكتاف يزيد بمقدار (1- 2%) غالباً ويعتمد الميل على طبيعة سطح الكتف فالسطح الناعم (أسفلت) يكون ميل أقل من السطح الخشن (خرسانة مثلاً) أو الحصمة مع مادة القار.

المسارب Lanes:

تعريف المسرب: هو المرض في الطريق المخصص لمرور السيارات عليه.

انواع الطرق بالنسبة للمسارب:

- طريق لمسرب واحد: ذهاباً وإياباً.
- طريق لمسرين: واحد للذهاب وواحد للإياب.
- طريق بثلاث مسارب: للذهاب والإياب والثالث للذهاب معاً واستخدامه قليل جداً.

عدد المسارب على طريق مقسوم بجزيرة وسطية:

- طريق بمسرب واحد للذهاب وفي الناحية المقابلة طريق للإياب.
- طريق بمسرين: مسرين للذهاب وفي الناحية المقابلة طريق بمسرين.
- طريق بثلاث مسارب للذهاب وفي الناحية الأخرى طريق بثلاث مسارب.
- طريق بأربع مسارب للذهاب وفي الناحية الأخرى طريق بأربع مسارب.

ويختلف عرض المسرب باختلاف درجة ومستوى ونوعية الطريق وإزدياد عدد السيارات والشاحنات وسرعاتها وفي الأحوال العامة يكون:

<p>في داخل المدن والقرى والمسرب واحد فقط (اتجاه واحد من الطريق)</p>	عرض الطريق الرئيسي حوالي (4)م
	عرض الطريق الثانوي (2 - 3)م

وعند مقابلة السيارات الآتية من الطرف الآخر أو عند التجاوز عن سيارة أخرى على نفس المسرب فإن الوضع الذي يختاره السائق يعتمد أساساً على عرض الطريق، وقد تدرجت الطرق في الاتساع من (4) أمتار لكامل عرض الطريق إلى أن وصل إلى (8) أمتار وعلى المسرب الذي عرضه (6)م واكتافه من العشب والحصى فإن المسافة ما بين سيارتين تتجاوز أحدهما الأخرى يكون فقط حوالي (80) سم (سيارة خصوص مثلاً وسيارة شاحنة) (قلاّب ترك ...).

وتمر أحدهما بجانب الأخرى دون الحاجة لتخفيض السرعة ولا أن يحرك السيارة يساراً لتبعد عن السيارة الأخرى، وعلى الطريق التي عرضها حوالي (7) م فإن المسافة تكون حوالي (1)م وهذه مسافة غير آمنة، وعلى الطريق التي عرضها (6) م فإن ما نسبة (50%) من سيارات الركاب و(11%) من الشاحنات تفشل وعندما يتقابل شاحنتين فإن المسافة بينهما عند التجاوز تقوّل أقل مما ذكرناه سابقاً.

ومن الشكل رقم (7 - 1) أيضاً فإن المسافة أيضاً فإن إذا تقابلت شاحنات على مسار عرضه (4) أمتار فيتوجب على الشاحنتين أن تسيرا خلف بعضهما البعض ولا تتجاوز أحدهما الأخرى إلا إذا توسع عرض الطريق.

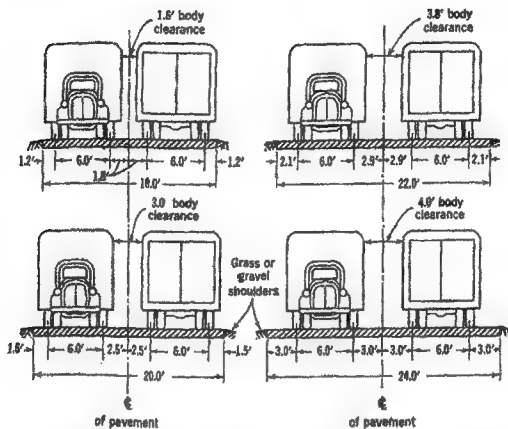


Fig 7-1 Average positions of commercial vehicles when meeting during the day on 2-lane concrete pavements having grass or gravel shoulders (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

وإذا اعتبرنا أعداد السيارات فإنه

- إذا كان عدد الشاحنات والسيارات يقل عن (200) سيارة للمسرب الواحد في الساعة يكون عرض المسرب (3) م.
- إذا كان عدد الشاحنات أكثر من 200 سيارة للمسرب الواحد في الساعة يكون عرض المسرب (4) م.

وأيضاً هناك أنواع أخرى من المسارب عدا المسارب الرئيسية في الطريق منها:

- مسرب الصعود (Climbing Lane): وهذا مسرب إضافي خاص بالشاحنات الكبيرة التي تسير ببطء أثناء الصعود على الطريق وبذلك يفسح المجال أمام السيارات الأصغر بالتجاوز والمرور بسهولة.
- مسرب التسارع (Acceleration Lane): وهو مسرب جانبي تتسارع فيه سرعة السيارة قبل الدخول إلى الطريق الرئيسي فتتماثل سرعة السيارة على مسرب التسارع مع سرعة السيارات على الطريق الرئيسي.
- مسرب التباطؤ (Deceleration lane): وهو مسرب جانبي تدخله السيارات أثناء مفادتها الطريق الرئيسي لتتمكن من تخفيض سرعتها دون أن تسبب في عرقلة سير السيارات السريعة الموجودة على الطريق الرئيسي.
- مسارب الوقوف: وهو لراحة السائقين ووقوف السيارات لفترة.
- مسارب الاستدارة: مسارب حتى تتمكن السيارات من الالتفاف إلى الجهة الأخرى.
- مسارب مساعدة: مسارب لدخول السيارات إلى الشارع الرئيسي دون تسبب في عرقلة السير وهو يساعد أيضاً على تسهيل عملية السير.

الجزر: Median Strips for divided Highways

تعريف الجزيرة: وهو الجزء المنشأ الذي يفضل الطريق إلى جهتين إحداهما للذهاب والأخرى للإياب.

الهدف من إنشاء الجزر:

- تسهيل عملية المرور.
- تخفيض نسبة الحوادث.
- التغلب على تأثير الأضواء المرتفعة المقابلة ليلاً.

ويتراوح عرض الجزر ما بين (1.2) مم إلى (30) متراً حسب المساحة المتوفرة وتكلفة الأرض وعدد المسارب المطلوبة والسرعات على المسارب فتستعمل الجزر الموصوفة في المدن غالباً حيث ترتفع قيمة الأرض ويكون عرضها قليلاً أما خارج المدن فتكون هذه الجزر ذات عرض صغير نسبياً أقل من تلك في المدن.

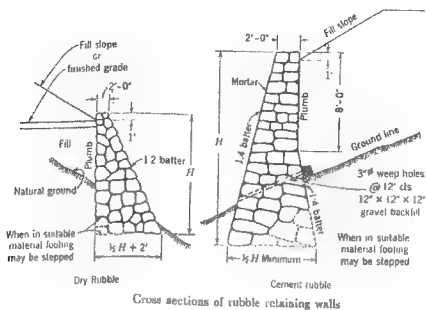
أشكال الجزر على الطرق:

- جزر مستمرة لافتحاحات فيها.
- جزر عريضة ثم تبدأ بالتضييق عند فتحات الاستدارة.
- جزر عريضة ثم تبدأ بالتضييق لدخول إلى طريق رئيسي بنفس سرعة السيارات على هذا الطريق.
- جزر تؤدي إلى أماكن توقف السيارات (كراجات خارج مسرب الطريق الرئيسي) وتؤدي إلى الدخول إلى مناطق السكن والمحلات التجارية.

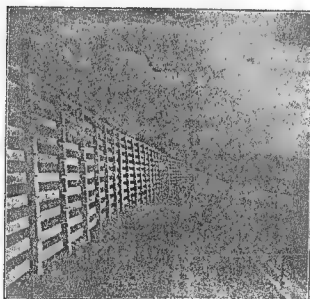
الحواجز الجانبية/ حواجز الحماية (Caud Rails):

الهدف من إنشاء الحواجز إعطاء الأمان للسائق أثناء مرور على الطريق وخشبة انقلاب السيارة أو خروجاً عن مسارها نتيجة للسرعة أو التصميم السيئ لجسم الطريق.

وتعمل هذه الحواجز أيضاً على منع مرور الحيوانات كالجمال وغيرها عبر الطريق وتسبب الحوادث للسيارات والركاب كما هو الحال في طريق عمان العقبية أو البحر الميت العقبية، وتصنع هذه الحواجز إما من المعدن أو من الخرسانة السابقة الصنع غالباً أو من الخرسانة العادية وفي بعض الأحيان من الأخشاب الغليظة أو من مجموعة من هذه العناصر مجتمعة وقد تكون أيضاً حوائط من الحجارة فقط أو من جدران استنادية (حجرية أوخرسانية) كما في الشكل (7- 2)، والشكل رقم (7- 3).



الشكل رقم (7- 2)



A crib wall of prestressed reinforced concrete in New York State (Courtesy Universal Concrete Pipe Co.)

الشكل رقم (7- 3)

وغالبا ما تستخدم هذه الحواجز إذا ما زاد الارتفاع عن (3) متر الجسم الطريق.

الخدائق، (Side Ditches)،

تستخدم هذه الخدائق فيما إذا كانت الطريق منشأ بعد المقطع، حيث تناسب المياه على سطح الطريق وتجمع على جوانبها فتعمل مثل هذه الخدائق ذات المقطع شبه المنحرف أو المثلث أو المستطيل كما في الشكل (ص 225) وأبعاد هذه الخدائق وميولاتها وخصائص القنوات الأخرى تتحدد من كمية التدفق في هذه القنوات ويجب الانتباه على موقع القناة بحيث لا تتناسب في حف وحت القناة عند التقاءها مع الميول الجانبية للاكتاف وتحفر هذه وتحفر هذه القنوات بواسطة المحمل (Shovel) إنشاء عمليات إنشاء الطريق ويكون ميل جانب هذا الخندق (3:1) غالباً من (30-50) سم وللتقليل من عمليات الترسيب في هذه الخدائق تزرع جوانب الطريق بالإعشاب والأشجار الصغيرة لمنع انسياب الماء على السطح مباشرة حيث تعترضه الحشائش والشجيرات وسيل سيلاً طبيعياً لا يحدث الحت وبالتالي الترسيب في الخندق.

الجدران الاستنادية Retaining Walls،

تبنى الجدران الاستنادية عندما تكون التربة ضعيفة ويخشى من انهيارها وبالتالي انهيار الطريق، عندما تكون الميل كبيراً فيتوجب إسناد التربة لمنع انجرافها نتيجة للميل الشديد، عندما تكون ثمن الأراضي مرتفعة وأن الأثنين تكون ملاصقة الحرم الطريق، عندما يتوقع حصول انهيار على جانبي الطريق نتيجة لتغلغل المياه أو لضعف التربة كما أسلفنا.

المواد التي تتبنى منها الجدران الاستنادية:

1. من الخرسانة العادية.
2. من الخرسانة المسلحة.
3. من الحجارة.
4. من الحجارة والخرسانة المسلحة أو العادية.
5. من الطوب حسب تصميم خاص.
6. من الطوب والحجر.

ويشترط في الجدران أن يرتفع عن مستوى سطح الطريق وأن يكون قاعدته وجسمه بحيث يتحمل الأثقال التصحيحية للجدران الاستنادية.

الميل الجانبية (Side Slopes)

- أثر الميل الجانبي على الطريق : يتحكم في أثبات التربة أو جسم الطريق
 : يتحكم في صيانة الطريق
 : يتحكم في الكلفة الاقتصادية
 : يتحكم في تعريف المياه .

وكلما كان الميل أقل كان جسم الطريق أكثر ثباتاً بمعنى زيادة عرض الطريق بإزدياد ارتفاعها وإذا زاد الميل يعني ذلك إزدياد ارتفاع جسم الطريق وأبقاء عرضها محصوراً في حرم الطريق.

والجدول التالي بين العلاقة بين الميل (أفقي إلى عامودي) وارتفاع الردم:

الميل	ارتفاع الردم
1:6	أقل من (1) م
1:4	من 1 - 3 م
1:3	3 - 4.5 م
1:2	4.5 - 6 م
1: $\frac{1}{2}$	أكثر من 6 م

وفي مناطق القطع يتأثر الميل بارتفاع القطع ونوعيته

الميل	ارتفاع القطع
1:2	أقل من 3 أمتار
1:1	أكثر من 3 أمتار

أما في القطع الصخري:

الميل	ارتفاع القطع
3:1	أقل من (10) أمتار
2:1	من 10 - 20 متراً
2:1	أكثر من 20 متراً
3:1	أكثر من 20 متراً

أول 40% من الارتفاع مع عمل بسطة بعرض 5م
آخر 60% من الارتفاع

أخذت هذه البيانات من دليل تصميم الطرق في وزارة الأشغال العامة في الأردن.

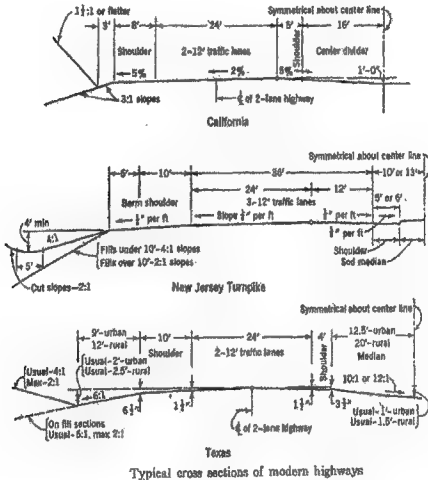
الميول المستعرضة Crass Slopes

تستحدث الميول الجانبية في للطريق ما عدا حيث يوجد تعلية للمنحنى تؤدي بالمياه جميعها إلى الداخل وتستحدث الميول بكل الاتجاهين من الخط المركز لطريق ذات المسربين وكل نصف من الطريق المقسومة له ميل منفصل مع كون الحافة الخارجية أعلى من الحافة الداخلية كما في الشكل () ويعطي الميل لأنواع الطرق الممتازة $\left(\frac{1}{8}\right)$ أنش لكل قدم وعلى الاكتاف تكون الميول المستعرضة أكبر وفي بعض الأحيان تصل إلى $\left(\frac{1}{2}\right)$ أنش لكل قدم وحتى أكثر والميول المستعرضة لشوارع المدينة تنشأ مع سطح الطريق حيث تشكل شكلاً بيضاوياً (Parabola) وهذا يجعل المسارات الداخلية ذات السرعات الكبيرة، أقل استوائية من الخارجية وكذلك فإنه يجعل الميول الأكثر حدة تجاه بواليع تصريف مياه الأمطار والتي تجعل المياه تنحصر في اتجاه البواليع وفي الشوارع الكبيرة جداً تعمل القمة البيضاوية مستوية للمسار الأوسط إلا إذا كان مياه الأمطار عميقة أيضاً.

ميل الاكتاف بالنسبة للمادة المنشأ منها الكتف:

جدول رقم (7-1)

مادة الكتف	الميل بدون أطراف	الميل مع وجود أطراف
أسفلت	5 - 3	2%
حصمة	6 - 4	2 - 4%
تراب	8 - 6	3 - 4%



Typical cross sections of modern highways

مقطع عرضي لطريق مبيناً عليه تفاصيل الطريق

الشكل رقم (7-4)

الوحدة الثامنة

**تصريف المياه عن سطح
الطريق**

تصريف المياه عن سطح الطريق Highway Drainages

سنتمطرق في هذا الموضوع إلى كيفية جمع ونقل وصرف المياه السطحية التي تتجمع عند أعلى أو قرب الطرق مباشرة في حرم الطريق أو تجمعات الجداول والسيول التي تقطع أو تجاذي حرم الطريق ويجب إضافة نفقات أخرى على الطرق من أجل إنشاء القنوات، والخنادق ولحواجز والمرات وأدوات مراقبة الحت، وكذلك على تنظيف وصيانة المصارف وإعادة البناء بعد كل فيضان أو خراب لهذه الوسائل.

ويتوجب إجراء مسح شامل لصرف المياه السطحية وكيفية مراقبتها والتحكم فيها ويبدأ ذلك يتقسم كامل المنطقة إلى إجراء لدراسة سقوط الأمطار عليها ثم تجمع هذه الأمطار في مجاري يتقسم كامل المنطقة إلى إجراء لدراسة سقوط الأمطار في مجاري كسيول خارج منطقة الطريق، وكذلك يجب دراسة المياه الساقطة على سطح الطريق مباشرة بدراسة الميول لهذه الطرق حيث تناسب مياه الأمطار على الجوانب وعليه يجب الانتباه إلى تصميم شبكات الصرف التي بدورها تنقل هذه المياه إلى الخارج حرم الطريق.

وتتلخص خطوات المسح الميداني في حقيقتين أثنتين هما:

1. هيدرولوجيا: تقدير القيمة القصوى لسقوط الأمطار التي نريد معالجتها.
2. تصميم هيدروليكي: تصميم حجم ونوع الإنشاءات لتصريف هذه الكميات (الفيضان) وهاتين الحقيقتين تعطيان الدراسة بعدها الاقتصادي فهناك خسارة كبيرة للاقتصاد فيما إذا أغلقت الطريق وتوقف المرور والسير على الطريق نتيجة لفيضان المياه على سطح الطريق أو نتيجة لعدم تصريف المياه وقدرة المجاري أو القنوات على استيعابها بحيث تفيض على سطح الطريق، وعليه فإن التصميم الجيد هو الذي يستوعب كل ما سبق له (50) نسبة قادمة وليس (5) سنوات كما يصمم حالياً في المناطق المأهولة، وربما يكون الكلفة أرخص وخاصة في المناطق الخارجية في المناطق الخارجية المكشوفة على المدى البعيد لغمر الأراضي القريبة من الطرق السريعة بالمياه من أن تبدأ في إنشاء القنوات والعبارات والسدود.....

الهيدرولوجيا:

الهيدرولوجيا: هو فرع من الجغرافيا الطبيعية الذي يتعامل مع المياه على الأرض، وفرع الهيدرولوجيا الذي يتعامل مع المهندسون لطرق هوالذي يتعامل مع التغير والشدة للترسيب والتغير الذي يحدثه الترسيب في جريان المياه الأعظم الذي يساوي أو يزيد عن القيم الحدية والمهم أيضاً هو توزيع هذا الترسيب على الفصول الذي يؤثر على القشرة الأرضية من حيث النمو (حشائش - اشجار - غابات...) وغيرها التي تعلق من عملية الحت والأذابة للتربة.

ويجب أن يكون مفهومهما أن التخمينات لمستقبل المطر والجريان على السطح من النباتات والتسجيلات المجمعة كلها مبنية على الاحتمالات وفي عبارة أخرى وهي الفرصة في حدوث أو عدم حدوث الشيء.

ولتوضيح ذلك اعتبر أن عبارة صممت لاستيعاب (50) نسبة فيضان، هذا يعني أن نسبة امتلاء العبارة أو فيضان العبارة سيكون (1: 50) في سنة أو فترة معينة وهذا لا يعني أن التصميم لفيضان أو أكبر من ذلك سيحدث بالضبط مرة كل 50 سنة في الحقيقة أن الفرض هي (64) في المائة أن يحدث الفيضان بهذا المقدار في مدة (50) سنة وعلى الناحية الأخرى فمن الممكن حدوث عدة الفيضانات مثل هذا أو بمقدار أكبر في سنوات متتالية أو في سنة واحدة ولكن حدوثهما معاً هو نادر للغاية.

ويحدث الترسيب على مطر أو شكل ماء متجمد المسمى بالثلج ويحدث هذه الظاهرة حين تجبر طبقة هواء الدافئ الرطب في طبقات الجو العليا عند مروره على القمم الجبلية العالية على الصعود إلى أعلى بسبب كتلة هوائية باردة أو تصعد إلى هواء أبرد كما في العواصف الصيفية الرعدية، وأن مدة وشدة الترسيب الحاصلة هذه العواصف تختلف اختلافاً بيناً ومن أسباب تكون الترسيب أيضاً تغيران الجو الأرضية ونسبة الرطوبة الجوية للهواء، سرعة الرياح واتجاهه وارتفاعه، ويتبع هذا أن المعلومات المجمعة من أجهزة أقيسة المطرية أماكن مختلفة تعطي فقط ترسيباً تقريبياً في كل منطقة وسيكون لاختلاف ملحوظاً على طول خطوط الطرق

الخارجية، بعض من الترسيب والمطر المتساقط يتبخر أثناء ونزوله في طبقات الجو وبعضها يحجز على أوراق النباتات، وبعضه يتبخر ثانية ويعود إلى طبقات الجو عن طريق ما يسمى النتج للنباتات وجزء من هذا المطر والجريان ينزل إلى باطن التربة إلى باطن التربة حيث يغذي الآبار الجوفية والينابيع وما تبقى من كل ما ذكر أعلاه يجري على السطح في هيئة جداول وأنهار وسيول تصب في النهاية في المحيطات أو في أحواض مجمعة للمياه كالسدود والبحيرات الصناعية، وهذا يعتمد على ميلانات الاسقف والشوارع والتربة بأنواعها خاصة الصخرية منها، أيضاً فإن ذوبان الجليد وهذه الميلانات والكميات الضخمة للجليد تسبب الجريان على سطح الأرض.

وكلما كانت القنوات أكبر كلما تستطيع صرف كميات أكبر من هذه المياه المجمعة وتحويل وجهتها إلى أماكن تجميع وهكذا.

وتبين مما ذكر أن تحديد القيمة القصوى للجريان من جداول الأمطار تصبح أكثر صعوبة.

الجريان من سجلات تدفق الأدوية والجداول:

(Runoff from Stream How records)

حيث توجد محطات قياس على الأدوية والجداول فإن القراءات المسجلة الشكل رقم (8-1) تبين مقدار تنديب حدوث الفيضان وما إذا كانت مساوية أو أكثر في المقدار من ماسواها الطريقة النسبية (the rational Method) للحساب بهذه الطريقة لكمية التدفق تستخدم المعادلة $Q = C i A_d$ (القرن الواحد = 4 دونمات).

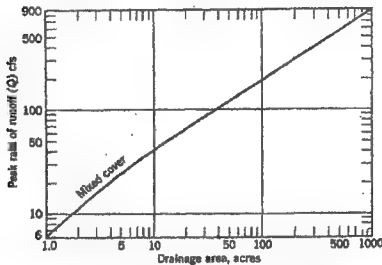
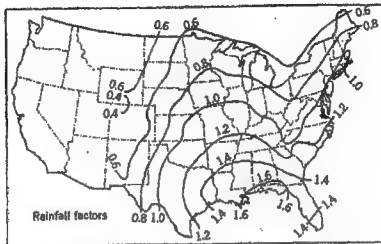
وهذه المعادلة ليست صحيحة الأبعاد بالطلق ولكنها حسابياً تعطي نتائج صحيحة حيث أن 1 أنش في الساعة لكل فران، (1) قدم مكعب/ ثانية تعطي نفس الكمية من المياه في وحدة الزمن ضمن (0.8%).

المعامل (2) للجريان السطحي	نوع منطقة الصرف
0.9 – 0.8	خرسانة أو سطح أسفلتي
0.6 – 0.4	طرق ذات فراشة حصوية مفتوحة
0.8 – 0.2	أرض مكشوفة
0.4 – 0.1	أطاريق وسطية
0.4 – 0.2	حقول راعية (مزروعة)
0.2 – 0.1	مناطق حرجية

جدول رقم (8 - 1)

هذه الأرقام تعني أن إذا هطل 1م^3 من الأمطار فإن ما نسبة (80% - 90%) ينساب على السطح من هذا المتر المكعب.

وحيث أن غطاء الأرض غير متشابه فإن منطقة الصرف في بعض الأحيان تقسم إلى مناطق أصغر ويحسب معامل مزدوج بوزن كل معامل لكل منطقة وفقاً للمساحة.



Land slope	Land Use and Slope Factors		
	Steep, over 2%	Flat, 0.2% Very Flat but No Ponds	
100% cultivated (row crops)	1.2	0.8	0.25
Mixed cover	1.0	0.6	0.2
Pasture	0.8	0.4	0.1
Woods, deep forest litter	0.5	0.3	0.06

Frequency Factors

For 50-year frequency, multiply by 1.2
 For 25-year frequency, multiply by 1.0
 For 10-year frequency, multiply by 0.8
 For 5-year frequency, multiply by 0.6

Example

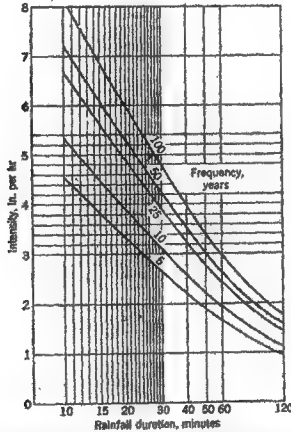
100 acres of pasture land in southern Ohio. Slope 0.2 ft per 100 ft. Design is for 10-year flood frequency.

$$Q = 800 \times 0.8 \times 0.4 \times 0.8 = 80$$

Runoff in cfs Runoff from chart Rainfall factor Land use and slope factor Frequency factor

Peak rates of runoff from small watersheds in humid regions (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

شدة السقوط للمطر (i) يتم الحصول عليه من التسجيلات من دائرة الإحصاء الجوية سقوط الأمطار مقابل مدة وقت السقوط لفترات التكرار المختلفة شكل رقم (8-2) واختيار القيمة الحقيقية لشدة سقوط المطر يعتمد على التقدير المتكرر المقبول للحدوث الفيضان المصمم ووقت التركيز للمنطقة ووقت التركيز للمنطقة هو الفترة المطلوبة للمياه للوصول للمخرج من أبعدا نقطة في الحوض وفي بعض الأحيان فأن بعض البيانات يمكن الحصول عليها وقت حدوث التدفق على المنطقة حتى الوصول للقنوات المحددة والوقت التقريبي لتدفق القناة ممكن الحصول عليه من خلال القراءات المسجلة المرئية أو المقطرة للسرعة.



Rainfall intensity, duration, and frequency for the southern one third of Ohio (Courtesy Ohio Department of Highways)

الشكل رقم (8-2)

والمعادلات التي تعبر عن الوقت المركز معلومية خصائص تساقط المياه قد طورت ن قبل وكالات متخصصة وتحدد مساحة الصرف A_v والخطوات من الخرائط الطبوغرافية، والصور الجوية، ومن المسح التقريبي الذي يعتمد بدقة على أدوات المساحة كالبوصلة والدقة لا تكون مطلوبة هنا وتعتمد الطريقة النسبية على:

1. أن الحوض في حالة اتزان (الخارج من التدفق للحوض يساوي كمية المطر - الكمية المحجوزة على الحوض الذي يعتمد على خصائص الحوض).
2. أن شدة سقوط المطر متساوية على كامل المساحة متجاهلاً العناصر الأخرى المؤثرة.
3. حدوث الفيضان يكون بنفس التذبذب لزيادة تدفق مياه الأمطار معتمداً على طبيعة السطح والعوامل الأخرى وهنا يعتبر الجريان السطحي الأعظم سيحدث فقط باتحاد وجمع المطر الغزير والمطر السابق عليه.

إذا عمل التصميم لحدوث مرة لكل عشرة سنوات سقوط أمطار والأرض رطبة قبل حصوله هذه العاصف ولكن مرة في خمس مرات فإن احتمالية حدوث الفيضان هي $\frac{1}{10}$ أو $\frac{1}{5}$ أو $\frac{1}{50}$ أو مرة في 50 سنة.

المعادلة النموذجية (Empirical Formula)

المعادلة المستخدمة هي: $a = CA_v^{0.4}$

حيث a فتحة التصريف بالأقدام المربعة.

C معامل قيمة ما بين (1.00) للسطح المنحدر كثيراً؛ والأرض صخرية إلى (0.6) للمناطق الجبلية متوسطة الانحدار إلى (0.2) للمساحات المستوية غير المتأثرة بالثلج هذه المعادلة لحساب فتحة التصريف التي تستوعب الفيضان الأعظم لمياه الأمطار.

إيجاد كمية الجريان السطحي من وحدة الهيدروجراف؛

الهيدروجراف هو رسم التدفق على المحاور الصادي مقابل الوقت على المحو السيني، والهيدروغراف بين خصائص نزول الأمطار على الحوض وقد لاحظ أن ضمن حدود مقبولة لكمية سقوط مطر مشابه لنفس الفترة والتوزيع سينتج وحدة هيدروغراف متشابهة لنفس الشكل.

مبادئ التصميم الهيدروليكي Hydraulic Design Principles

مبادئ التصميم الهيدروليكي للطرق السريعة يطبق المبادئ الأساسية لتدفق السوائل خاصة المتصلة بالقنوات المفتوحة والأنابيب المغلقة أو العبارات وفي جميع الأحوال فالحلول مواجهة إلى المشكلة الرئيسية في احتواء الحجوم الكبيرة من مياه الأمطار، وللتوضيح فالتفتحات الموجودة عبر الطريق تعترض المياه التي تنساب على الأرض في حرم الطريق، وكذلك مرة أخرى فالمياه المتجمعة من الأدوية الصغيرة يمكن تجميعها وتحريرها تحت الطريق في نقطة تجمع واحدة (موقع واحد)، وكثيراً ما تحول هذه الأدوية الصغيرة إلى القنوات التي تختلف في طولها ومقطعها وخصائص الجريان منها، هذه الأمثلة تبين أن أغلب كل تغيير يقلب التوازن الناتج عن العواطف غير المعدودة سابقاً، وعلى الأخص أن هناك احتمالية لسرعة أعلى للتدفق من تلك التي تسبب تحت المكلف غير المرئي.

والحت بدوره يخلق بقايا التي تنتقل في المجاري السفلية وترسب عند النقاط التي عندها تقل السرعة (تتكسر عندها السرعة) وتجمع المياه في برك على جوانب الطرق يمكن أن يخلق مشكلة تبين من حيث إيجاد وسط لتواء التعوض الذياب وغيره وكذلك فإن تسرب المياه من هذه البرك إلى الطريق يضعف البنية التحتية لطبقات الطريق. والتغيرات اللازم في التصحيح يجب أن لا تخلق عند أي نقطة سرعات تؤدي إلى خلق مشكلات حث جديدة.

وقاعدة أخرى في التصريف أن جميع المياه يجب تصريفها بعيداً وبعد كل عاصفة مطرية (سقوط أمطار) عن جسم الطريق.

تصريف المياه عن الطريق وجوانب الطريق (طرق زراعية - ريفية)

Drainng the Roadway and roadside

المياه المتناقلة على سطح الطريق تعرف أما جانبياً أو قطعياً تحت تأثير ميل مقطع الطريق أو التعلية في رصفه الطريق والاكتاف والشكل رقم (8-3) بين مقطعا نموذجياً لميل المقطع (طريق ريفي مزدوج المسارب فحينما ينشأ الطريق على صلم فإن المتداول أن يسمح للمياه بالسيلان أو الجريان إلى الاكتاف ومن ثم إلى أسفل الميول الجانبية للأرض الطبيعية ويحدث حث بنسبة بسيطة إذا وضعت هذه الميول، بينما إذا لم يكن هذه الميلانات محمية يمكن أن تنجراف بشدة إذا ما كانت التطعجات في سطح الطريق أو الاكتاف والتي تركز هذه المياه في جداول صغيرة ومن تقنيات منع هذا الانجراف لميلانات الجوانب هو تجميع هذه المياه على الحافة الخارجية للاكتاف كما هو مبين في الشكل (1/3).

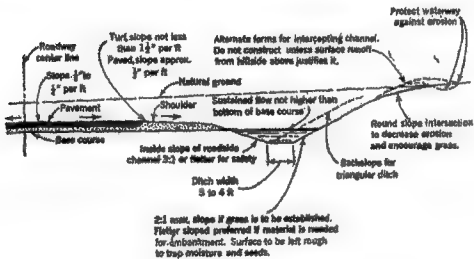
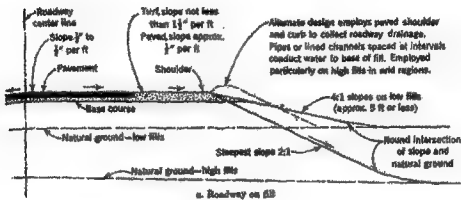


Fig. 3. Typical highway cross sections incorporating good drainage features.

الشكل رقم (8-3)

وأخر وللرصافات/الطريق الخرسانية تعمل جافة واطئة أوشفة واطئة في الحافة الخارجية لجسم الطريق وهنا سيكون تجمع مياه باتجاه طولي مع حافة سطح الطريق.

وحيث يكون مقطع الطريق (قص) (Cut) فإن المياه من ٩٩٩٩ من مسافات بعيدة تجمع في قناة جانبية على الطريق مقطوعها ذات شكل شبه منحرف أو مثلث وأبعاد هذه القنوات وميلا وخصائصها الأخرى يقررها كمية التدفق الذي تستوعبه هذه القنوات والشكل (3- ب) بين القنوات الاعتراضية التي تسمى أحيانا حفرة التاج (Crown ditch) ممكن استخدامها على أعلى ميل القطع.

تصريف المياه عن الطريق في المناطق المتحضرة (العممرانية)

تسيل المياه المتساقطة على أو على القرب من شوارع المدينة وعلى الطرق السريعة أو الطرق الحرة تسيل هذه المياه باتجاه مصارف مياه الأمطار ثم إلى خطوط صرف مياه الأمطار تحت الشارع.

توصيلات هذا النوع تبدو مكلفة مقارنة مع يناسب المناطق الريفية وهذه الكلمة مقدرة حيث أن الطرق الحضرية لعممرانية تستوعب كمية كبيرة من المركبات وكذلك تخدم المشاة وعلى الطرف الآخر فإن الخراب الذي يحصل في المناطق العمرانية نتيجة للفيضان يكون أكبر كثيراً.

وتصمم البلاعات ومصارف المياه على الطرق الحضرية لعممرانية لتحد من انتشار سرعة المياه على سطح مسارب الطريق ومن المفترض أن لا تنتشر المياه بأكثر من مترين من المصرف باتجاه أعلا المنسوب لعاصفة أمطار مدتها (20) دقيقة وسنة فترة تكرار وعودة.

ومن الملاحظ أن عواصف الأمطار ذات الفترة القصيرة تكون شدتها أعلى بكثير، لدرجة أن السيارات تسير ببطء شديد بسبب عدم وضوح الرؤيا بسبب كثافة المطر المنهمر على زجاج السيارة بحيث أن المساحات على الزجاج لا تستطيع إزالة مياه المطر كلية عن الزجاج.

ودورة العاصفة المطرية السنوية تحدد المسافات بين البلاعات أو مصارف المياه ويتوجب أن تكون فتحات هذه المصارف تستوعب كمية المياه المتدفقة فيها وعليه يتوجب أن تكون فتحات هذه المصارف أوطاً قليلاً من مستوى الأسفلت، وفتحات المصارف والبلاعات يجب أن تصمم بطريقة المعادلة النسبية باستخدام معامل جريان حوالي (0.9) إذا كانت الشوارع والمنطقة جميعها مزفتة، أما الأنابيب الأكبر للصرف تحت سطح الشارع فيجب أن تصمم مدة عودة أقلها (10) سنوات والأكثر قبولاً أن تصمم لمدة عودة مقدارها (25) سنة إذا كان فيضان المياه بشكل نتائج خطيرة وأنابيب مياه الأمطار غالباً ما تصمم على أنها مملوءة كاملة أي أن مقطع الأنابيب يكون ممتلئاً ويعمل تحت الضغط، أما إذا كانت العبارة أو المجرى على شكل مستطيل أو شبه منحرف مفتوح فيعمل التصميم على أنها مملوءة تقريباً.

القنوات Channels:

جميع المنشآت المائية تصمم على أنها مملوءة أو شبه مملوءة بالمياه، وتستخدم المعادلة التالية للتيار المنتظم التي يسمى معادلة ما نتج Manning

$$V = \frac{1.486}{\eta} R^{2/3} S^{1/2} \text{ وهي Formula}$$

حيث:

V : متوسط السرعة قدم/الثانية

R: ثابت ما نتج للخشونة (Roughness Coefficient) الجدول رقم (2)

$$R: \text{القطر الهندسوليكي بالقدم} = \frac{\text{مساحة مقطع التدفق}}{\text{المحيط المبلل للقناة}}$$

Z: ميل القناة

Table 2: Representative Values of Rounghness Coefficient
for Various Channel Linings

Manning Formula

Type of Lining	Value of η
Ordinary earth, smooth graded	0.02
Jagged rock or rough rubble	0.04
Rough concrete	0.02
Bituminous lining likely to be wavy	0.02
Smooth rubble	0.02
Well- maintained grass – depth of flow over 6 inches	0.04
Well – maintained grass- depth of flow under 6 inches	0.06
Heavy grass	0.10

جدول رقم (8- 2)

Also:

$$Q = VA = \frac{1.486}{\eta} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Where: Q = discharge, cubic feet per second.

A = area of the cross section, square feet.

في بعض الأحيان تحدث المعادلة لتعطي الأبعاد لقناة أو مجرى مائي مغلق (أنابيب) مباشرة المياه المناسبة على ميل أو انحدار بسيط في قناة مفتوحة يكون في حالة سكون/هدوء ويسمى التدفق الهادي/العطبي (Tranqlid How) والمياه المناسبة على ميل انحدار كثير في قناة ومفتوحة يكون في حالة سرعة ويسمى التدفق السريع (Rapid How) كما في الشكل رقم (8- 4).

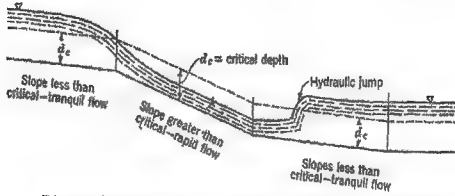


Diagram illustrating the effect of critical depth on flow in open channels and partially full culverts

الحل المناسب لمشاكل القنوات يعتمد على هذا الفرق، فالتدفق الهاديء يحصل حين يكون عمق الماء في القناة يتجاوز العمق الحرج (Critical depth) أي أكبر، التدفق السريع حين يكون العمق أقل من الحرج، وطبيعياً فإن العمق الحرج يوضح بالعمق الذي عنده يتدفق الماء من فوق الهدار (Weir)، وحسابياً فالعمق الحرج يحدث عندما يكون عمود السرعة $\left(\frac{V^2}{2g}\right)$ هو نصف العمق الحرج وعليه فإن العمق المتوسط هو مساحة مقطع التدفق مقسوماً على عرضه عند سطح السائل، ويتيح هذا أن العمق الحرج مستقلاً أو منفصلاً عن ميل القناة والخشونة وله قيمة ثابتة طالما أن كمية التدفق وأبعاد القناة تبقى ثابتة.

ويجب الملاحظة على أي حال على أن خشونة القناة لا تدخل في حسابات الميل الحرج (Critical Slope) الذي عنده يحدث تدفق منتظم عند العمق الحرج، وتأثير العمق الحرج على الخصائص مبين في شكل (4)، عند قمة الميل المنحدر القوي، فإن إزدياد السرعة بين التدفق الساكن (الهاديء) والتدفق السريع يحصل بسهولة لمسافة قليلة ويبدأ هبوط مستوى سطح الماء على الجهة العليا من التغير في الميل، وحيث ميل سيل المياه ينسط مرة أخرى فإن التحول من التدفق السريع إلى التدفق الهاديء يحدث فجأة في الفجر الهيدروليكي (Hydraulic Hump) الذي فيه يمتص التدفق الدوامي (Turbulence) جزءاً من الطاقة للمياه المتدفقة، وعلى مسافة من

السيلان السفلي (down stream) من القفرا الهيدروليكي يتقلطح ميل القناة حتى أكثر، فيسبب هذا ازدياداً في تناقص السرعة وزيادة في عمق السيلان الذي يبدأ على مسافة أعلى السيل (Upstreaw) من المستوى المتغير كما في الشكل (1 - 4).

والهدف من تصميم القنوات هو إيجاد المقطع الذي سيكون أرخص للإنشاء والصيانة وميل الجانب بنسبة (1:2) أو أكثر استوائية ضروري إلا في التربة الصخرية أو التربة الصلبة، أحيث تبطن القناة، وللقنوات غير المبطنة فإنه يعمم أن أفضل مقطع هو الذي له أقل مجموع حفريات، وهذه القاعدة تطبق فقط حينما تكون أنجاز الحفريات بالأدوات والطرق العادية، وتصميم القنوات المفتوحة يمكن تنفيذه باستخدام معادلة ما نتج حسابياً، وبالإمكان استخدام الجداول (جدول مانتج) لتسهيل عملية التصميم دون حسابات، كما هو موضح في الجدول رقم (8 - 3) شريطة استبعاد إمكانية الحث في حدود معينة.

والجدول التالي يبين السرعان القصوى الأمانة عند استبعاد إمكانية الحث (Erosion)

Maximum Safe Velocites When Channel Erosion is to be Prevented

Type of Lining	Allowable Velocity Ft per Sec
Well- established grass on any good soil meadow type of grass with short, pliant blades, heavy Stand, Such as bluegrass	6
Bunch grasses, exposed soil between plants Grains, stiff – stemmed grasses that do not bend over	5
Under shallow flow	2-4
Earth without vegetation	2-3
Fine sand or silt, little or no clay	1-2
Ordinary from loam	2-3
Stiff clay, highly colloidal	4
Clay and gravel	4
Coarse gravel	5
Soft shale	

الجدول رقم (8- 4)

السدود المائلة وحواجز التحويل (DIKES):

حواجز التحويل هي حواجز ترابية تنشأ تحتوي أو تحول سيلان التدفق وحيث الانشاءات تكون فوق المستوى الموجود للأرض تستخدم الحواجز فقط، وهذه السدود أو الحواجز أو كليهما تعتبر الأكثر اقتصاداً حيث يمكن أن تعمل الحواجز من حفريات القناة وكانت هذه الحواجز تعمل سابقاً بالقاء بقايا الحفريات عشوائياً في منطقة معينة (طمم فائض) من حفريات النباتات مثلاً، ولكن حالياً يجب أن تكون هذه البقايا مفروشة على طبقات ومدموكة أن استخدمت في أعمال الطرق.

وأوجه الحواجز المحمية المعرضة لسيلان المياه الخفيف تكون معرضة للحت ومقاومة ذلك تعالج كماتعالج القنوات المفتوحة، وكذلك فإن حماية الجوانب بالصخر والأسلاك قد أثبتت فعاليتها أمام سيلان المياه أوحثى انهيار القرية.

العبارات Culverts،

التعبير يشمل كل أنواع النواقل المغلقة المستخدم للصرف على الطرق عدا مياه أمطار الشوارع، والعبارات أكثر شمولاً من الجسور حيث تحتاج للأخير إلى تصميم يختلف في كل حالة.

أنواع العبارات Culvert Types،

أكثر الأنواع شيوعاً وموادها ومقاطعها مبنية في الجدول رقم (8 - 5) فللفتححات الصغيرة تستخدم المواسير الموجودة في الأسواق، أما العبارات ذات القوس المحذب من أعلى فيستخدم إذا كان الارتفاع محدوداً فوق القوس المحذب.






وللفتححات المتوسطة فالأنابيب والعبارات الصندوقية هي الأفضل، وللفتححات الكبيرة فالمقاطع ذات المين أو الفتحة الواحدة أو العبارات الممتدة لجسور هي المفضلة، واستخدام المواسير الخرسانية المسلحة أو غير المسلحة في بعض الاحياء لنفس الغرض السابق.

وتستخدم عبارات الجسور بدلا من العبارات الصندوقية إذا كانت الاساسات غير قابلة للتعمرية ولا تحتاج الى اجنحة غالباً، وربما تكون العبارات القوسية المحذبة اقتصادية إذا كان الطمم فوقها كبيراً حيث كمية المرور كبيرة.

وفي الأحوال العادية فإن اختيار نوع العبارة ومادتها يؤسس على أساس الكلفة التنافسية وطبقاً لبعض العوامل ممكن أن تتحكم في ذلك فعلى سبيل المثال وجود المادة المسارعة للصدأ في تربة ما تمتع استخدام بعض المواد إلا إذا اتخذت بعض الاحتياطات التي ينصح بها.

ومرة أخرى إذا كان موقع الإنشاء طرفياً فإن الاحتمالية والسهولة في الأنشاء يفضل أن يكون بإستخدام المقاطع سابقة الصنع، وفي بعض الأحيان فإن عدم وجود فنيين مدربين مهرة وكذلك الوقت ممكن أن تتحكم في التنفيذ التصميم.

وعلى أي حال فإن القرار يجب أن تبني على جميع الاحتمالات التي وردت سابقاً.

النوع	اللقطع	المادة
Culvert Type	Typical Cross Section	Common Materials
Pipe, single or multiple		Corrugated metal, plain or reinforced concrete, vitrified clay, cast iron
Pipe arch, single or multiple		Corrugated metal
Box culvert, single or multiple span		Reinforced concrete
Bridge culvert, single or multiple span		Reinforced concrete
Arch		Reinforced concrete, corrugated metal, or stone masonry arch on reinforced-concrete foundation

Common culvert types and materials

انواع العبارات ومقطعها وموادها

الشكل رقم (8- 5)

الموارد المستخدمة في إنشاء العبارات Materials in culvert

1. من الخرسانة المسلحة (عبارات صندوقية - قوسية،.....) لأرضية وسقف وجدران العبارة.
2. من المعدن المدهون والمعزول ليقاوم التآكل والصدأ.
3. من الحجارة وخاصة للعبارات القوسية (السقف على شكل قوس).
4. من طوب المقصور من الداخل للجوانب، والأرضية من الخرسانة أو الحجر والسقف من الخرسانة المسلحة.
5. من الخرف المزجج (مواسير ذات أقطار متواضعة) كعبارة طولية غالباً.

الأحمال والضغطات على العبارة Culvert loads and stresses

تتعرض العبارة لأحمال علوية عامودية كعجلات المركبات ووزن المركبة وزن الطمم وكذلك لأحمال أفقية من ضغط التربة، وعلى الأخص العبارات الأنبوبية تتعرض لأحمال لا يعرف مقدارها بدقة ومن العوامل الكبيرة المؤثرة سمك الغطاء، طبيعة وكثافة التربة من أعلى وعلى الجوانب، عرض وعمق والخندق، التغير في المواسير تحت ثقل الأحمال وطريقة الأنشاء في الميدان.

وتعتمد حسابات الضغط على الافتراضات بالنسبة لطريقة الارتكاز تحت الماسورة والنتائج تبدو بعيدة ما بين نقطة الارتكاز على سطح المستوى للخندق والارتكاز الموزع عندما يكون الأنبوب مدهوناً بعناية أو محملاً على الخرسانة.

تركيب العبارة Culvert Installation

تركيب العبارات كما تنص عليها المواصفات مع العناية الخاصة الأرضية العبارة، والطمم لحماية العبارة نفسها ولحمايتها أيضاً من أي هبوطات، فللطمم يفضل أن يكون ذو رطوبة نسبية محسوبة ويوضع على طبقات ويدمك بمطبات ميكانيكية (زجاج نطاوط) والبعض يسمح باستخدام الرمل والحصمة كمادة طمم.

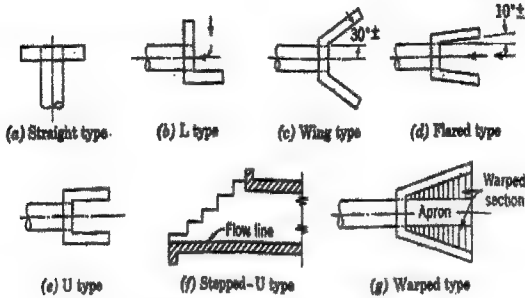
حوائط البداية وحوائط النهاية (head walls and Endwalls):

تبدأ معظم العبارات بحوائط بداية عند طرفها العلوي وتنتهي في نهايتها السفلي بحوائط النهاية، وحوائط البداية توجه تدفق المياه إلى العبارة وحوائط النهاية تسمح بتدفق المياه من نهاية العبارة إلى القناة الاعتيادية، وكلا الحائطين يحميان العبارة من الانهيار تحت ضغط مياه الفيضان ومن الأشكال المتعددة لهذه الحوائط ما هو مبين في الشكل (7) وتنشأ هذه الحوائط في البداية والنهاية من الخرسانة المسلحة في الموقع.

ويفضل في بعض الأحيان بناء قواطع (Cut offwalls) تمتد تحت المنسوب المتوقع للرواسب وتستخدم الحوائط المستقيمة عند البداية والنهاية للعبارات الانبوبية الصغيرة، ولكن هذه لا تعتبر ذات كفاءة إلا إذا كانت زواياها مستديرة.

والنوع (L) من حوائط البداية يوجه تدفق المياه من قنوات الشوارع إلى العبارة تحت سطح الطريق.

وللعبارات الكبيرة فيستخدم حوائط الأجنحة (Wing Type) كما في الشكل رقم (8-6) بشكل كبير، ويقدر الفاقد عند المدخل يبلغ حوالي (15%) من السرعة الرأسية إذا ما قورنت بفاقد مقداره (15%) بتصميم مداخل هيدروليكية.



Typical headwalls and endwalls for culverts.

حوائط بداية ونهاية المبارات (اشكالها وانواعها)

الشكل رقم (8 - 6)

التحكم بالبقايا:

يحمل الفيضان غالباً كميات كبيرة من الأغصان، الأشجار، شجيرات تسبب انسداد مدخل العبارة، ويرتفع منسوب المياه حتى يصل على منسوب الشارع وربما أكثر من ذلك، وتلافي ذلك تركب على الداخل شبك حديدي ذو فتحات تحجز هذه المواد خلفها وتمرر المياه من خلال فتحات الشبك، وكذلك يجب التخلص من الحجارة الكبيرة أيضاً.

عبارات المواسير، pipes culvers

حسنت عبارات المواسير (عين واحدة أو أكثر) (Precast Pipes)

عادة تكون هذه المواسير مصبوبة مسبقاً وتركب في موقع العمل غالباً بطريقة الرأس والذيل، وتكون بأطول قصيرة أو طويلة فالقطعة الواحدة يتراوح طولها ما بين (80) سم ومترين وتجمع هذه القطع لتعطي شكل وطول العبارة التي تفي بالغرض حسب التصميم المطلوب.

حسناً هذا النوع من العبارات:

1. سهولة تركيب هذه المواسير والسرعة في الإنجاز خاصة عند التقاطعات بحيث لا تعطل السير.
2. لا تحتاج على عمالة فنية ماهرة.
3. يمكن تركيبها في جميع الظروف الجوية.
4. تركيب حينما يكون ارتفاع الردم قليل.
5. يمكن نقل المواسير أو إنشاء العبارة مؤقتة وتغيير مكانها لاحقاً.

ومن سيئاتها:

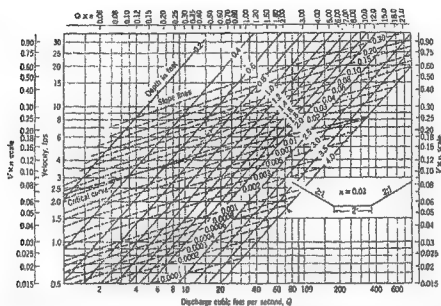
1. ثقيلة الوزن.
2. تحتاج إلى آليات لرفعها وتركيبها في المكان.

حسناً عبارة الصندوق (Box Culvert):

1. تستوعب كميات كبيرة من مياه الفيضان حسب عدد الفتحات.
2. تستخدم حينما يكون الردم (الطمم) عليها كبيراً.
3. أقوى من النوع عبارات المواسير ويدوم طويلاً.
4. تستخدم مقاطع الطريق الكبيرة أيضاً والصغيرة منها.
5. تستخدم حينما تكون التربة ضعيفة نسبياً.

مساوئ عبارة الصندوق:

1. تحتاج إلى معدات إنشائية كثيرة.
2. كلفة عالية إذا ما قورنت بالعبارة الانبوبية.
3. تحتاج إلى صيانة دائمة ودورية.



Flow in a trapezoidal channel with 2-ft flat bottom and sides on 3:1 slopes. Critical depth is independent of channel roughness and must be read only from Q scale; critical slope is dependent on channel roughness and is read at intersection of critical depth and vertical line $Q=n$ (Courtesy U S Bureau of Public Roads)

Example 1. Given: Discharge, $Q = 150$ cfs; roughness, $n = 0.015$; slope, $S = 3\%$ or 0.03 . Read upward from $Q = 150$ to intersection with $n = 0.015$, and find critical depth, $d_c = 3.2$ ft and critical velocity, $V_c = 8.2$ fps. Also, for $Q = 150$, critical depth, $d_c = 3.2$ ft, critical velocity, $V_c = 8.2$ fps, and critical slope, $S_c = 0.015$ or 1.5% . Then flow is supercritical and control is upstream.

Example 2. Given: Discharge, $Q = 10$ cfs; roughness, $n = 0.02$; slope, $S = 0.5\%$ or 0.005 . Read down from Q to $n = 10 \times 0.02$ on this graph, $S = 0.001$, and find critical depth, $d_c = 1.4$ ft and $V_c = 0.9$. Compute $F = 0.86$ or 1.3 ft. The flow is subcritical and control is downstream. For $Q = 10$ cfs, critical depth, $d_c = 1.4$ ft, and critical velocity, $V_c = 0.9$ fps. Critical slope for roughness, $n = 0.02$ is read at intersection of diagonal line $d_c = 0.75$ and $Q = 0.9$ and equals that on 1% .

جدول رقم (8-3).

الوحدة التاسعة

رصافة الطرق

أسطح مكادام Macadam Surfaces:

أساسات مكادام Macadam Bases:

مقدمة:

التعبير أو الاصطلاح مكادام استخدم لسطح الطريق أو الأساس الذي فيه تطحن أو تكسر الصخور الأصلية النظيفة وتعشق فيما بينها بواسطة الزوايا وتدحل جيداً وتضرس عليها طبقة من صخور مطحونة أقل حجماً من الأولى (حصمة) لإغلاق الفتحات وترش بالماء ثم تدحل ثانية.

ومنذ استكشاف مادة الأسفلت استخدم الاصطلاح مكادام السادة (Plain Macadam) أو مكادام الاصتيادي وفي بعض الأحيان المكادام المائي لتمييزه عن المكادام الأسفلتي الذي يستخدم فيه الأسفلت كمادة رابطة، وبدأ استخدام المكادام الأسفلتي بشكل واسع إلا أن الطبقة تحت الأساس بقيت كما هي في مكادام المعادي، وكذلك النوع المسمى (Water bound Macadam) كطبقة أساس وفوقها طبقة مخلوطة من الحصمة والأسفلت وقد حسن العالم تريز وغيف من عملية الصرف وصمم الميول ب القوسي واستخدم الحجارة كأساس وقلل عمق الطبقة الحجارة المكسرة إلى (25) سم فقط.

ويعد العالم تبرزوغيف إلى العالم تبلفوردي وأنشأ الطرق كما هي معروفة حتى اليوم، وطريقته فإن سمك الأساس كان من بين الصخر أو الحجارة المكسرة ذات الحجم (7 سم × 12 سم × 15 سم) (السمك × العرض × الارتفاع على التوالي) والسطح ما بين (10 - 12 سم) سمكها، وكان طبقة الأساس مستوية وقمة صغيرة عند السطح في الحجارة بارتفاعات مختلفة، وطور مكادام طبقة الأساس لتكون من الحجارة المكسرة التي لا تتجاوز قطرها (2.5 سم)، وأغفل طبقة أساس بتلفورد من الدبش الكبير) وكانت سماكة السطح لا تتجاوز (25 سم)، ولها قمة مقدارها (7.5 سم) لكل 30 قدم عرض طريق، واعتمدت على الدمك من مرور

الحافلات والسيارات التي تستخدم الطريق ويستمر الدمك هكذا حتى يصبح السطح ناعماً ومستقراً، وقد بينت الطرق بطريقة ما تدام سميكة كثيراً أكثر من (20) سم ونادراً ما كانت أقل من ذلك ولكن حين تبين أن طريقة مكادام للأسطح مانع للماء بينت الطرق بسماكات أقل من (20) سم وعمق (15) سم بعد الدحل أصبح نموذجياً.

اسطح مكادام Macadam Surfaces

طبقة تحت الأساس والأساسي،

بنيت طبقات مكادام العادية على تربة تحت الأساس والتي كانت قد حفرت باليد بعد تمشيط وتسوية الطريق الخشنة وهذه الطبقة تحت الأساس كانت على صورة خندق غير عميق عامودي الجوانب الطريق عرضه قرابة (1) متر من كل جانب.

دمكت التربة بعناية وأغلقت جميع البقع الطرية أو أزيلت وأغلقت بمادة صلبة، وتحتاج طبقة تحت الأساس المحفورة هذه إلى تصريف المياه من خلال الاكتاف، وعند دحله ودمكه بمدحلة ثقيلة من وزن (10) طن أصبح تحت الأساس، هذا جاهزاً للإستقبال الحجارة المكسرة لرسفة مكادام، وقد تم دمك الجهات داخل حواف الكتف أيضاً ولا يمنع التقوسات في طبقة ما تحت الأساس إلا التحضير الجيد.

وخندق تحت الأساس على أي حال مكان من الصعب إجراء التصريف له وضعيف عند الخوف ولجميع أنواع، أما الأوجه الحديثة فقد استبعدت بسرعة من أجل طبقة أساس كاملة العرض بين حواف الاكتاف.

وحيث تتواجد أرض رخوة أو طرية فقد كان من الشائع أن تؤسس بطريقة تفلورد لأسطح مكادام كتحديث بطريقة تريز وظيف كما في الشكل رقم (9 - 1)،



Laying telford foundations in Mercer County, Pa., 1911

الشكل رقم (9- 1) يبين فرش أساس تيلفورد

وهي رصفة من الحجارة الكبيرة تفرش على كامل عرض الطريق بشكل عامودي على قاعدتها السميكة وقطرها الأطول على سطح الأرض، هذه الحجارة طولها يتراوح ما بين (25- 35سم)، وعرضها يتراوح ما بين (10- 15سم)، وعمقها يتراوح ما بين (15- 25سم) وتوضع هذه الحجارة يدوياً على العرض المحفور والمرتفع قليلاً من المنتصف ثم تحشى الفراغات بين هذه الحجارة وتكسر الزوايا الناتجة ثم تدخل هذه الرصفة ولكن يجب إغلاق البعض بقع الأرض الرطبة، الرخوة بمادة من حصمة جيدة بسمك من (5- 7) سم حتى لا تسبب هذه البقع أي هبوط أو تغير للرصفة لاحقاً.

مواد طرق ماكادم Macadam Roads

حيث أن الصلابة والقوة والريط متلازمات للمصخور فقد أصبحت هذه الصفات هي المعتادة لمعايرة الحجارة لسطح مكادم وغيرها من الأسطح وفقاً لـ نسبة الحت (Percent of wear)، وقد قسمت الحجارة إلى نوعين:

١. صخور بركانية.

ب. عدا ذلك.

وقد تم فحص الحجارة من قبل العالم الفرنسي ديفال الذي قام باستنباط طريقة لإيجاد معامل خاص تقسم الرقم (40) على نسبة الحت، وعليه فإن حجراً بنسبة حت مقدارها (5%) له معامل فرنسي قيمة (8) وأغلب الصخور قد بينت تناقص في نسبة الحت وقد اعتمدت اليوم طريقة العالم راتل من لوس أنجلوس لفحص الحت ويسمى الفحص لاحقاً، به فحص لوس أنجلوس للحت.

وتشتمل الصخور البركانية على البازلت، الأنديست، الديابيز، ديورائت، الجاريو والريولايت وأي صخور أخرى بركانية وهذه الصخور أكثر كثافة وأكثر حبيبات ناعمة من الجرانيت ولها قدرة على ترابط وتداخل النسيج الكريستالي معطياً قوة عالية وتدرج حت من (2- 4) ونسبة حت فرنسية من (10- 20) وصلادة من (13- 20)، وقد استخدمت صخور أخرى مناسبة من الجرانيت، الحجر الجيري، الدولوميت ومن بعض الحجارة الرملية القاسية، ويستخدم أيضاً حصمة الشواطئ أو الحصمة المكسرة وهكذا.

ملاحظة:

إذا قلنا أن الصلادة هي (20) فإن معامل الصلادة هو $(20 - w \frac{1}{3})$ حسب w هو النقص في الوزن بالجرامات تقابل قطر (25 ملم) بعد (1000) دورة من صينية معدنية تحت تأثير حث من رمل كواثر خاص.

إنشاء قاعدة الأساس Constructing the base course

على طبقة الأساس المدحولة جيداً فإن طبقة الأساس كانت حوالي (10) سم بعد الدحل، وقد استخدمت الحجارة لتنظيف من قياس 5 سم إلى 3 سم ولتفادي عدم التماثل فإن الحجارة المكسرة لم تخزن أن تشون على شكل أكوام على الأرض،

حيث سينفصل الجزء الناعم من الحجارة عند تلحك الخشن، وعليه فقد كانت تفرغ أو تشون على ألواح خشبية أو صفائح حديدية بقياس (22 × 1.5م) ويمكن يتوجب خلط الحجارة المكسرة ثانية بواسطة المحملات قبل استخدامها، وقبل إجراء عملية الدحل للأساس يتفقد الأساس من أي هبوطات أو تربة رخوة، واستبعاد الحجارة الوسخة وفرش الحجارة الصغيرة يتم بواسطة المحملات (Shovels) لتسوية السطح.

والدحل يتم بواسطة مداحل لا يقل وزنها عن (10) طن ويبدأ الدحل من الحافة العليا الخارجية وحسن تثبيت الحجارة المكسرة في أماكنها جيداً فتتحرك المدحلة إلى الطرف الآخر من الحافة وتستمر العملية وبعد الدمك عند الحواف يتحرك الدمك إلى المنتصف وهكذا حتى يتم دمك جميع طبقة الأساس على كامل مساحة الطريق، وعلى كل حال فقد جرت العادة الآن أن تفرش طبقة من حصمة المناخل على السطح قبل عملية الدحل الأخيرة لملء أي فراغ موجود على طبقة الأساس.

الطبقة الثانية العليا أو طبقة الحت Second upper or wearing

بعد دمك طبقة الأساس جيداً تبنى الاكتاف مستقيمة وتستخدم الألواح الخشبية لإعطاء سماكة الطبقة، وقد كان من المستحسن أن تكون طبقة الأساس أعرض من الطبقة الأعلى حتى يمكن دعم الطبقة الأعلى، ويتراوح حجم حصمة الطبقة الأعلى ما بين (3- 1) سم وتكون نظيفة تماماً، وتفرش كما كان لطبقة الأساس مع فارق الدمك، الذي سيعطي السطح الأفقي تماماً، ويحكم على ذلك السطح إما بالعين المجردة أو بواسطة المسطرة الطويلة التي طولها يقارب (3م) أو بواسطة الخيوط التي تمتد على السطح.

والهبوطات التي تلاحظ على السطح أو الارتفاع تعباً أو تزال وتفرش الطبقة العليا بسمك حوالي 7 سم على الطبقة السفلى ذات العمق (0.1 سم) وتدحل نهائياً بعد ذلك، وعلى هذه الطبقة العليا ترش طبقة ناعمة من الرمل على السطح وعلى مرتين أو ثلاث مرات باليد أو من عن طريق إفراغ عريات صغيرة مملوءة بالرمل وعلى مسافات على طول الطريق ثم فرد ورش هذا الرمل يدوياً على السطح ثم الدحل على هذه الطبقة.

استخدام طبقة الربط Applying the binder

بعد دحل طبقة السطح تماماً وتصحيح السطح نستخدم طبقة رابطة تكون ربما في الحصى المنخلة/المغريلة أو غبار الحجارة (Stone dust) هذه الحصى هي نواتج المطحنة المارة من فتحة منخل مقدارها $\left(\frac{1}{2}\right)$ ومن النادر فصل مكونات حجوم المستخدمة لهذه الطبقة ولكن نتيجة أفضل تم التوصل إليها عند استخدام الذرات الأكبر أولاً في فراغات طبقة الوجه ويجب عدم تفريغ طبقة الربط تحت أي حال من الأحوال فوق طبقة الوجه الحجرية مباشرة، بل يجب تفريغ مادة الطبقة بواسطة العربة اليدوية أو وضع هذه الطبقة على شكل أكوام بطول الطريق على الاكتاف، كما في الشكل رقم (9-2) وأفضل طريقة لإستخدام هذه الطبقة هو رشها رشاً متتابعاً فالحببيات الخشنة ترش ترس أولاً ثم تتلوها الحببيات الأنعم وهكذا ثم تدحل الطبقة بعد ذلك لإعطاء سطح إلى حد ما منتظم وناعم نسبياً، ويتم الدحل متواصل مع كل رشة من هذه الحببيات ذهاباً وإياباً حتى تظهر بعض من هذه الحببيات على السطح (بمعنى أن السطح قد تم دمكه جيداً بحيث أن الكمية الإضافية لا تنفرس لأن الفجوات قد ملأت تماماً)، وهناك طريقة أخرى لفرش الحببيات بإستخدام محقن وتحريك المحقن يميناً ويساراً على التوالي حتى يتم التوزيع على كامل السطح وتدحل الحببيات الأكبر في الفجوات ثم الاصفر ثم الأنعم وهكذا، ومن حسنات هذه الطريقة هو ملء الشقوق والهبوطات في السطح بشكل جيد وهذا يعتمد كلياً على مهارة العامل، وهذه الطبقة هي التي تمنع دخول الماء إلى الطبقات السفلى ولذلك سمي (Water bound Macadam)

وللحصول على طبقة نهائية أفضل لمنع الماء يتوجب رش السطح بطبقة اسفلتية من رشة اللصق (Seelcoat).



Spreading stone screenings in three coats on a macadam road

فرش طبقات الحصى على ثلاث طبقات على طريق مكادام

الشكل رقم (9- 2)

إنشاء اساسات مكادام Construction Macadam bases

تبلغ سماكة اساسات مكادام عامة من (15 - 20) سم وتنشأ على طبقتين، وتفرش الطبقة الأولى على مساحة جافة من الحصمة المناخل لتمكن دخول مواد طبقة تحت الأساس إلى طبقة الأساس، واختلف في سمك هذه الطبقة ولكن هي ما بين (2.5 سم إلى 7.5 سم)، ثم تفرش الطبقة الثانية من تدرج مختار محدد على الطبقة الأولى وهذه الطبقة من الحجارة المطحونة أو من خبث المصانع، ويمكن فرش هذه الطبقات بواسطة فراشة الحصمة كما في الشكل رقم (9- 3) وتدرج الحصمة يمكن تتبعه من الجدول المبينة في رقم (9- 1).



Machines spreading aggregate for a macadam base course. (Courtesy Jaeger Machine Co.)

الشكل رقم (9- 3)

Construction Macadam Bases

TABLE 1 GRADING FOR CHUSHED STONE AND CRUSHED -SLAG AGGREGATES FOR WATERBOUND AND BITUMINOUS-MACADAM BASE COURSES
AASHO DESIGNATION M 75-49

Class of Aggregate AASHO Standard Size Size Range, In.	No.1 3 1/2 to 1 1/4	No.2 2 1/2 to 1 1/2	No.3 2 to 1
Passing 4-in.sieve,%	100		
Passing 3 1/2-in.sieve,%	90 -100		
Passing 3-in.sieve,%		100	
Passing 2 1/2-in.sieve,%	25 -60	90 -100	100
Passing 2-in.sieve,%		35 -70	95 -100
Passing 1 1/2-in.sieve,%	0 -15	0 -15	35 -70
Passing 1-in.sieve,%			0 -15
Passing 3/4-in.sieve,%	0 -5	0 -5	
Passing 1/2-in.sieve,%			0 -5

جدول رقم (9- 1) يبين تدريج الحصمة والخبث المطحون للطبقة المانعة للماء

وطبقة مكادام الاسفلتية لطبقات الاساس

الوحدة العاشرة

طبقات الرصفة

طبقات الرصفة:

طبقة ما تحت الأساس أو أساس التربة يعرف بأنه المنشأ الذي يتركز عليه سطح الطريق وملحقاته.

في حالة القطع فإن طبقة التربة التي توضع تحت الطبقات الخاصة تعرف بأنها طبقة ما تحت الأساس في حالة الردم، طبقة ما تحت الأساس تنشأ فوقه التربة الأصلية وتحتوي على المادة المستوردة من فتح الطرق المجاورة أو من حفر الاستعارة.

قبل زمن بعيد كان الإنتباه مركزاً على طبقة السطح للطريق أو لطبقة المرصعة للحم، ولم تعطى نوعية المادة الأساس أي انتباه يذكر أو طريقة وضع المواد أو دمكها، ولكن وبعد انتشار المركبات وأنواعها وسرعاتها ركز الانتباه على معايير أفضل للميلان والاستقامة والتي تمت قطعاً كبيراً أو ردماً كثيراً في جسم الطريق.

وفي نفس الوقت فإن الوزن وعدد المركبات التي زادت كثيراً قد ركزت أهتمامها على سطح الطريق، مما سبب في بعض الأحيان الإزاحة في سطح الطريق وحتى خراب الطريق وإنهياره، ومن دراسات أجريت لمعرفة أسباب الانهيارات هذه تبين أن طبقة ما تحت الأساس هي التي تسبب في الانهيارات وليس سطح الطريق وهذا أدى بدوره إلى التركيز على دراسة التربة بخصائصها ومكوناتها.

وبشكل عام فكلما كانت نوعية الطبقات أفضل كلما تم توزيع الأحمال بشكل أفضل وعلى عمق أكبر، وعليه تتدرج جودة الطبقات من الأعلى إلى الأسفل بمعنى أن الطبقة العليا هي الأفضل تليها التي تحتها وهكذا حتى أخر طبقة في المقطع، وتعتمد عدد الطبقات على حجم المرور ونوعية المواد المصنوع منها جسم الطريق والمواد الرابطة المستخدمة وطريقة إنشاء هذا الطريق (الفرش والدمك) وملحقات الطريق.

ومن أنواع الرصفات:

1. الرصفة المرنة (Flexible Pavement).
2. الرصفة الصلبة (Rigid Pavement).
3. رصفة مشتركة ما بين المرنة والصلبة.

وتتكون الرصفة المرنة من:

- أ. طبقة أسفلتية عليا.
- ب. طبقة أساس.
- ج. طبقة ما تحت الأساس.
- د. السطح الترابي (يمكن الاستغناء عنه إذا كان له نفس خواص طبقة ما تحت الأساس).

وتختلف سماكة هذه الطبقات حسب التصميم والكلفة لقطع الطريق.

طبقة ما تحت الأساس Subbase:

هي الطبقة التي تفرش مباشرة فوق السطح الترابي، وتتألف من الحصى أو الحصى المكسر المدموك أو من الرمل الترابي (وقد يكون السطح الترابي قويا أو يكون من تربة غير مستقرة تثبت بواسطة بعض مواد التثبيت ثم توضع وتفرش عليها طبقة ما تحت الأساس) وهذا المواد هي أكثر جودة من مادة السطح الترابي إلا إنها أقل جودة من طبقة الأساس التي تليها إلى أعلى.

والهدف الأساسي من هذه الطبقة هو:

1. عدم تؤثر طبقة السطح الترابي بأي عوامل أي تمنع أي مؤثرات كالمياه والرطوبة والثلج و....، من الوصول إلى السطح الترابي الذي يؤدي إلى خرابه.

2. توزيع الاثقال والاحمال التي يتعرض لها سطح الطريق والطبقات السفلية كمرور المركبات مثلاً.
3. تهيئة سطح لإستقبال الطبقات العلوية من الرصيف (طبقة الأساس وما يعلوها).
4. التوفير من تكاليف مواد الرصفة حيث أن المواد المستعملة في طبقة تحت الأساس هي أقل جودة وأرخص ثمناً من المواد التي تعلوها في الطبقات المختلفة العليا (التوفير في تكاليف الطريق عموماً).
5. تمنع هذه الطبقة امتزاج مواد السطح الترابي مع طبقة الأساس.
6. تمنع كعازل وفاصل لعدم وصول تأثير الرطوبة الأرضية أو تأثير المياه الجوفية عن الطبقات العليا من الرصفة.
7. تعطي قوة أكثر للسطح الترابي خاصة بعد دحله جيداً بالمداخل الرجاجة.
8. يمكن زيادة سمك هذه الطبقة من قبل المهندسين وبذلك توفر في طبقات الرصف العليا.
9. تمنع وصول الماء والتراب للفواصل في طبقات الرصف الخرسانية (العادية أو المسلحة).
10. المواد المستخدمة في هذه الطبقة تكون رديلة التوصيل بشكل عام.

طبقة الأساس Base Course:

وهي الطبقة التي توضع فوق طبقة ما تحت الأساس أو مباشرة على السطح الترابي أن كان هذا السطح الترابي صلباً، وتقوم هذه الطبقة بتحمل وتوزيع الأحمال على الطبقات الأدنى ويعتمد هذا على نوع المواد المستعملة المكونة من الحصمة أو من الدبش المكسر أو مخلطات الأفران المكسرة (حصمة صناعية) مع وجود مادة الرمل أو مجموعة متنوعة من المواد جميعها دون تثبيت أو مع التثبيت بمواد مثبتة خاصة (أسمنت جير اسفلت) والأساس يفرش على طبقة واحدة أو مجموعة طبقات حسب تصميم الطريق وتكون المواد الأقل جودة في الطبقة السفلى والأكثر جودة في الأعلى.

وجودة هذه المواد مجتمعة يجب أن تكون أفضل من المواد المستخدمة في طبقة ما تحت الأساس، ومواد طبقة الأساس تتطلب القوة والتدرج وغيرها من المواصفات الفنية عنها في الطبقات ما تحت الأساس.

مواصفات المواد المستخدمة في طبقة ما تحت الأساس وطبقة الأساس؛

1. أن يتحمل الأوزان الساقطة عليها من قبل المرور الكثيف على سطح الطريق.
2. أن تكون المواد مدموكة جيداً حتى لا تؤثر مرور الشاحنات وتكرار مرورها على الطبقات بحيث تسبب بعض المشاكل والحاجة إلى إصلاح بعد ذلك.
3. أن لا يتغير خواصها الطبيعية أو الفيزيائية مع مرور الشاحنات ولا مع مرور الوقت (عمر الطريق).
4. أن تكون مواد هذه الطبقات متدرجة (Grading).

وتقوم طبقة الأساس بأداء الوظائف التالية بالإضافة للهدف الأساسي من أنشاءها لنقل الحمولات تتمثل في:

1. تهيئة السطح لاستقبال الطبقات الأعلى بحيث يكون مستوياً وناعماً.
2. حماية ما تحتها من رصف من تسرب المياه والرطوبة من أعلى إلى أسفل حيث تعمل هذه الطبقة كمانع لتسرب المياه ومنع تجمعها في الفراغات.
3. مقاومة الصقيع والتجمد في مواد الطبقة (مواصفات فنية).
4. تقليل ظاهرة الانتفاخ في الطبقات السفلى من الطبقة خاصة الطبقة الترابية.
5. منع وصول التراب والمواد إلى الطبقة الأعلى فوق الأساس وكذلك للفواصل في الرصفات الاسمنتية الخرسانية.

طبقة السطح Surface Course:

تتكون طبقة السطح من:

خليط من الحصىمة + الاسفلت السائل توضع فوق طبقة الأساس، وتصمم هذه الطبقة:

1. لتوزع الأوزان بشكل جيد.
2. تقليل نفاذ الماء إلى طبقات الرصفه السفلية.
3. تأمين سطح مقاوم للترحلق.
4. تأمين سطح انسيابي أثناء مرور الشاحنات والسيارات.
5. تأمين عدم تشقق السطح.
6. لتوازن بين النسبة المثالية للأسفلت والحصىمة للحصول على خلطة نموذجية.
7. تأمين ثبات عالٍ تحت الظروف المناخية والجوية والمرورية.
8. تقاوم التأثير الحث والبري من مرور السيارات والشاحنات.

مواصفات خلطة السطح:

تصمم الخلطة وفقاً ليعير معينة تأخذ بعين الاعتبار قوة الخلطة وثباتها ونسبة الفراغات فيها وتدرج الحصىمة المستعملة (تفضل التدرج الكثيف المحتوى على حبيبات ذات حجم أقصى مقداره 25 ملم، بالإضافة لتدرجات أخرى في الخلطات المفتوحة وخلطات الاسفلت الرملي).

عدد الطبقات السطحية:

يمكن أن تكون طبقة واحدة أو طبقتان، وتفرش الطبقة كما سبق وتستعمل بعض الأوجه الاسفلتية لـ الوجه التأسيسي (Prime Cat) والوجه اللاصق (Tack Coat) لزيادة التثبيت ومقاومة تأثير الحث والبري والاهتراء وتأمين مقاومة الترحلق الكافية والثابتة للربط بين السطح والأساس وللمساعدة كطبقة أنشائية واحدة في توزيع الأحمال.

الوحدة الحادية عشرة

الاسفلت والخلطات

الاسفلتية

الطرق الاسفلتية Bituminous Pavements:

مقدمة:

وتحت هذا العنوان يتفرع عدد كبير من الأنواع تتدرج من سماكة سطح تقارب الـ (1) سم وأقل إلى الاسفلت الاسمنتي، والتي تقارب وتضاهي طرق الاسمنتية الخرسانية في الكلفة والأبعاد.

ويشار إلى السطوح الاسفلتية بـ الطبقة السوداء بسبب مظهرها وموضوع الطرق الاسفلتية معقد إلى حد ما لوجود أكثر من تركيبة أو خلطة بين الحصى والمادة الرابطة والتي في مجموع تعطي طريقاً جيداً حتى تحت الظروف القاسية، وإذا أردنا خدمة جيدة من الطرق الاسفلتية فإنه يتوجب وعلى المدى الطويل أن تفي بالأغراض التالية:

خلوها من التشققات، مقاومتها للعوامل الطقس ومثل مقاومتها لسيارات المياه السطحية الحرارة، البرد، والتآكسد، مقاومة الرطوبة الداخلية خاصة بخار الماء، مانعة، سطح غير منفذ.

فتصميم الطريق الذي يفي بكل هذه المتطلبات لعدد طويل من السنوات يستلزم جهوداً كبيراً ويستوجب اختياراً جيداً ومراقبة للمواد ومراقبة في كل خطوة إنشاء، والتصميم الجيد وإنشاء الطبقات لهما الأهمية الكبرى وإلا فإن خراب الطريق سيكون كبيراً، وللحصول على المواصفات أعلاها يتوجب المرور بستة خطوات كالتالي:

1. سخن المادة الاسفلتية الرابطة اللزجة لتصبح سائلة ثم في أخلطها مع الحصى في المصنع، أفرش وأدخل الخليط بينما هو ساخن.

2. استخدم المرباط الاسفلتي: أخلطه مع الحمصة عند درجات الحرارة العادية، والخلط ربما يكون في المصنع أو على جانب الطريق، أفرش وأدخل الخليط عند درجات الحرارة العادية.
3. أضف مادة حالة أو مفككة مثل النافثا أو الكيروسين الرباط إلى الاسفلتي المزج لتجعله سائلاً، أخلط السائل مع الحمصة عند درجة حرارة عادية، إما في المصنع أو على جانب الطريق وأفرش وأدخل الخليط عند درجة حرارة عادية قبل تبخر المفكك (Solvent).
4. استخدم السائل المستحلب للرباط الاسفلتي للزج في الماء، وأخلطه مع الحمصة عند درجة عادية في المصنع وعلى جانب الطريق، أفرش وأدخل عند درجة حرارة العادية قبل أن يتفكك المستحلب إلى مكوناته الأصلية.
5. أفرش وأدخل الحمصة النظيفة كما في طبقة أساس مكادام المائي وفوقها رش الرباط الاسفلتي الساخن المذاب أو المستحلب والذي يتخلل المناطق المفتوحة في الصخر ويربطها بالحمصة سوياً ويسمى هذا العملية طريقة الاختراق (Penetration method).
6. أفرش اللاصق الاسفلتي على مساحة الطريق وغطها بحمصة مختارة، وتسمى هذه العملية طريقة الاختراق المقلوبة (Inverted - Penetration method).

وخبرة المهندس هي التي تحتم عليه اختيار الطريقة وتفصيلها.

وتقسم تغطية الطريق الاسفلتي إلى،

1. تغطية السطح المتوسطة (Intermediate surfacing)
2. النوع الأعلى من نقطة لسطح (Higher Type surfacing)

وتغطية لسطح المتوسطة هي التي تستخدم فيها الاسفلت والقار كمادة رابطة وربما تسمى الطرق منخفضة التكلفة (Low cost Pavement)، وتشتمل هذه الطرق على طبقة رقيقة من الرمل الناعم (Dust layer)، الوجه الابتدائي

أو الأولى (Prime coat)، وجه الحماية (Protective coat)، طبقة معالجة السطح، الوجه الختامي (Seal coat) والذي يعمل بطريقة النفاذية العكوسة أو الاختراقية المقلوبة.

أما النوع الثاني لنوع الأعلى من نقطة السطح فهي غير الطريقة، الوجه الأول الذي يحتوي على خلطة كثيفة مثل ورقة الاسفلت والاسفلت الخرساني والاختراق بأنواعه كما في كما في مكادام الاختراق.

الروابط للطرق الاسفلتية؛

Binders for Bituminous Pavements

الروابط المستخدمة في إنشاءات الطرق هي السوائل اللزجة والتي تندرج لزوجتها ما بين أكثف قليلاً من الماء وأخرى صلبة متكسرة تحت ضغوط المطرقة عند درجات الحرارة العادية، ولكن هذه الصلبة ستتحول إلى سائل إذا عرضت إلى تحميل متكرر طويل.

والخواص البلاستيكية للمواد البتومينية الرابطة ودعت بعض الكتاب إلى تسمية الطرق الاسفلتية بالطرق المرنة.

ويغض النظر عن نوع الطريقة الاسفلتية التي تستخدم فإن الروابط الاسفلتية يجب أن تكون في الحالة السائلة حين خلطها مع الحصى، ويتم الحصول على هذا السائل مبدئياً كاسفلت سائل أو إحماء الاسفلت الصلب برفع درجة حرارته وإضافة المذيبات أو استحلابه بالماء، ويتوجب على هذه الروابط أن تقاوم عوامل الحث والقوى الماصة الناتجة من حركة المركبات إذا كانت الطريقة من النوع المفتوح (Open Type) المحتوى على حبيبات أوجبات كبيرة ملتصقة مع بعضها البعض بهذه الروابط، ومن ناحية أخرى إذا كانت الحصى تحتوي على مواد ناعمة كثيرة فإن التلاصق يتم أو يتولد بظاهرة التوتر السطحي في الطبقة الاسفلتية الرقيقة المحيطة بهذه المواد الناعمة، كما تولد المشابه الماء قوى التلاصق في حبيبات التربة الناعمة، وللخلطات المحتوية على مواد ناعمة فإنه من الأنسب استخدام طبقة رقيقة من الاسفلت السائل كمادة رابطة.

مصادر الروابط الاسفلتية:

Sources of bituminous binders

جميع الروابط الاسفلتية اساسها الهيدروكربونات والتي هي مزيج واتحاد الهيدروجين والكربون والعنصر المتطاير والاخف من عائلة الهيدروكربونات يشمل الغاز الطبيعي او المنتج، الجازولين، الكيروسين، وزيت الديزل.

والعناصر الثقيلة تشمل شحوم التزيت او الزيوت بأنواعها ومواد التزفيت وبعض العناصر الهيدروكربونية المستخدمة في التزفيت تحدث طبيعياً، ولكن اغلبها من نواتج التصنيع للغاز، والوقود السائل، المشحمة، غاز الضحك والكوك.

والمصادر الرئيسية مادة الاسفلت المستخدمة في التزفيت:

1. اسفلت ترينداد: وهو اسفلت مستخرج من جزيرة ترينداد من شمال الساحل الفنزويلي، ايلين بخبث البترول اللزج استخدم على نطاق واسع كمادة رابطة للمستطوح الاسفلتية (Softened) وتحتوي هذا الاسفلت على (40%) مواد عضوية وغير عضوية.

2. الاسفلت الصخري (Rock Asphalt): وهذه رواسب طبيعية من الحجر الجيري او الحجر الرملي مملوطة في مواد اسفلتية طبيعية، وتتراوح نسبة الاسفلت في هذا الصخر ما بين (4.5 - 18%)، ويعتمد استخدام الاسفلت المستخرج من الاسفلت الصخري على جوداه الاقتصادية، فإذا كان استخراج غير اقتصادي فيمكن استخدام هذا الصخر بعد تكسيره بالإحجام المطلوبة بما فيه من اسفلت في انشاء طبقة السطح أو للخلطات البتوفتية.

أما إذا كانت نسبة الاسفلت في الصخر تتجاوز (8%) فيمكن استخدام هذا الصخر بعد تكسيره وتسخينه في أغراض الرصف، أما إذا كانت النسبة أقل من ذلك فيضاف إلى هذا الصخر كمية من الاسفلت ثم استخدمت بعد ذلك.

3. عروق الاسفلت وهذه عروق موجودة داخل فجوات الصخور صلبة جداً لها قابلية للتدويران في ثاني كبريتيد الهيدروجين.
4. الاسفلت المستخرج من تقطير البترول الخام:

تختلف مكونات وخصائص البترول الخام من قطر إلى آخر حسب الطبقات التي يتواجد فيها البترول الخام وظروف التي أدت إلى تكوينه، ويكرر البترول وفقاً للوزن الجزئي لمركباته عن طريق أبراج تسمى أبراج تكرير البترول الخام حيث يتم فصل المواد الخفيفة عن المواد الثقيلة ومنها مادة الاسفلت.

وكما أسلفنا فمركب الاسفلت هيدروكربوني من عناصره (الزيت والمادة الصمغية ومادة الاسفلت)، والاسفلت هو الجزيئات الصغيرة المحاطة بغلاف من المادة الصمغية ويمثل الزيت الوسط الذي به مادة الاسفلت والمادة الصمغية هي التي تزود الاسفلت بالليونة.

ويقسم الاسفلت إلى:

1. الاسفلت الاسمنتي، الاسفلت الجامد (Asphalt Cement) (AC):

وهو المادة الثقيلة السوداء المتبقية بعد تقطير البترول الخام (وكونه أسمنتي فهو لتوفر صفة الربط القوية في هذا الاسفلت)، والتخلص من المواد الخفيفة كالمغازات وزيوت التشحيم والوقود بأنواعه المختلفة والزيوت الثقيلة.

وينتج من ذا النوع مواد ذات قوام مختلف وفقاً لدرجة التقطير (صلبة - قاسية - شبه صلبة - طرية - طرية جداً).

ولاستدلال على القوامات للأنواع المختلفة نستخدم تجربة مقدار الغرز للأسفلت، ويقسم الاسفلت الجامد إلى مجموعة كبيرة حسب مقدار الغرز، فكلما زادت قيمة الغرز زادت الليونة.

AC (40-50)

النوع الأول:

AC (60-70)

AC (85 – 100)

AC (120 -150)

AC (200-300)

ويتحكم في اختيار نوع الاسفلت الجامد: درجة الحرارة التي يتعرض لها سطح الطريق، قيمة الأحمال الساقطة سطح الطريق، نوع سطح الطريق/نوع الطريق (درجة أولى، ثانية، ثالثة).

مواصفات الاسفلت الجامد:

1. أن يكون متجانساً.
2. خالياً من السوائل وخاصة الماء.
3. إلا يضور إذا سخن لدرجة حرارة تصل (175 م°).
4. يجب أن لا يقل سحبه في فحص المطاطية للاسفلت عن (100) سم.

أما يمكن استخدام النوع الجامد (AC)

- أ. الذي نسبة غرزه من (40 – 100): هذا نوع صلب قاسي يستخدم في الأجواء الحارة وأعمال الخلطات الاسفلتية الساخنة وتبلغ درجة حرارة الخليط من هذا النوع ما بين (135 – 177) م°.
- ب. الذي نسبة غرزه (100 – 200) متوسط الصلابة يستخدم لتغطية طبقة تحت الأساس والأساس المكونة من الحصى في المناطق متوسطة الحرارة والأقرب إلى الطقس البارد وتبلغ درجة حرارة الخليط ما بين (130 – 160) م°.

ج. الذي نسبة غزره (200-300) وهذا اقرب إلى السائل اللزج يستخدم كوجه اساسي او وجه لاصق (Prime Coat)، (tack Coat) على الترتيب.

وبين الشكل رقم (11-1) منتجات تقطير البترول

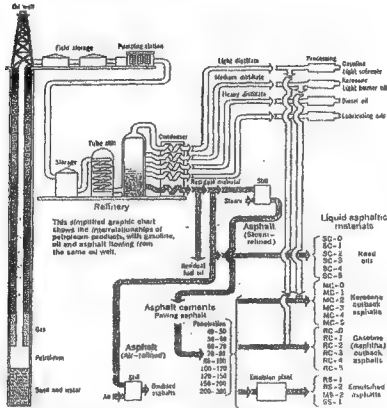
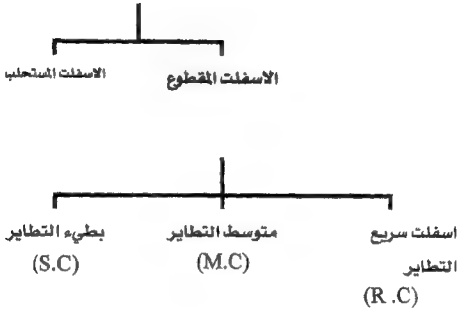


Fig. 1. Simplified flow chart showing recovery and refining of petroleum asphaltic materials (Courtesy The Asphalt Institute)

الاسفلت السائل (Liquid Asphalt)

يقسم الاسفلت السائل إلى قسمين رئيسيين كما هو مبين الاسفلت المقطوع والاسفلت المستحلب.

الاسفلت السائل



وستتناول هنا خصائص كل قسم ومكان استخدامه.

أولاً: الاسفلت المقطوع/المحول (Cut back)،

وهو نواتج إذابة الاسفلت الجامد في محاليل مذيبة مثل البنزين والكايز وغيرها.... بكميات مختلفة حسب ما يطلب ويبقى هذا في حالة سائلة لفترة طويلة ولذلك لا تجري عليه عملية قياس الفرز وتجري له عملية أخرى للقياس، وهي تسخين لدرجة كبيرة ثم قياس الوقت اللازم لملأ بايكنوميتيز أو زجاجة معروفة الحجم، وتعطى درجة اللزوجة بعد تسخين أرقاماً تدل على ميوعته أو لزوجته ومنها:

- محلول الاسفلت سريع التطاير R. C (Rapid Curing).
- محلول الاسفلت متوسط التطاير M.C (Medium Curing).
- محلول الاسفلت بطيء التطاير S.C (Slow curing).

وجميع هذه الأنواع تستخدم فقط مع الخلطات المسامية حتى يسمح للمواد المتطايرة بالتبخر، وعليه يمكن استخدام هذه الأنواع مع الحصى الرطبة، وتستخدم هذه الخلطات في الأحوال التي تتطلب تكاليف أقل لإنشاء الطريق.

١. محلول الاسفلت سريع التطاير (R.C):

ويحضر كالتالي: اسفلت جامد + مادة مذيية كالبنزين ← اسفلت محلول سريع التطاير، ويتوقف الحصول على هذا النوع على كمية المادة المذيية وعلى نسبة الاسفلت الجامد، ويندرج تحت هذا الاسم (R.C) مجموعة من الأنواع (ستة مجموعات) كما في الجدول (1/11 - 7/11).

يمكن تقسيم محلول الاسفلت سريع التطاير حسب درجة لزوجه إلى:

- R_{c70} ، R_{c250} ، R_{c800} ، R_{c3000} وكل من هذه الأنواع صفات فمثلاً:

- R_{c70} يتكون من 60% من الاسفلت الجامد + 40% مواد مذيية.
- $Ec3000$ يتكون من 85% من الاسفلت الجامد + 15% من مواد مذيية.

ومابين هذين الصفتين تتغير هذه النسبة حسب الاستعمال، وهذه الحروف

تدل على ما يلي:

- حرف R تعني سرعة الجفاف (Rapid).
- C تعني الجفاف (Curing).

SPECIFICATIONS FOR ROAD TAXES

AAIDD Definition N19-D

[illegible]

Bibbournious Pavement

جدول رقم (11- 2)

SPECIFICATIONS FOR MEDIUM-CURING LIQUID ASPHALTIC MATERIALS

MATERIALS

TABLE Description M-88-15

[illegible]

* Except that carbon tetrachloride shall be used instead of carbon disulfide as solvent, method 1.

جدول رقم (11-3)

Synthesis and Properties of Polyimides from 4,4'-Diaminodiphenyl Ether and 4,4'-Diaminodiphenyl Sulfone

Performance designation		SO-0	SO-1	SO-2	SO-3	SO-4	SO-5	
General requirements	ASTM Method	ALABO Test	The material shall be new from year.					
Flash point (Closed cup eqn), °F	D86	T28	118+	120+	123+	126+	128+	128+
Pure viscosity at 71°F, cps			75-120	75-120	75-120	75-120	75-120	75-120
Pure viscosity at 127°F, cps			100-200	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200
Pure viscosity at 160°F, cps	D86	T72	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200
Pure viscosity at 212°F, cps			100-200	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200
Water, %	D86	T28	0.5-	0.5-	0.5-	0.5-	0.5-	0.5-
Refractive								
Test density at 60°F	D405	T28	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
Test loss by residue at 150°F, cps	D130	T28	10-10	10-10	10-10	10-10	10-10	10-10
Distill residue at 100 pressure, %	D86	T28	80+	80+	80+	80+	80+	80+
Distill residue at 71°F, %	D130	T28	100+	100+	100+	100+	100+	100+
Stability is under atmospheric, %	D11	T28	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+	99.5+
Spot test		T28						

* The requirements given in this table are those of *AESPD Descriptive Milt-48*, but the table has been rearranged and the test numbers added. The table also corresponds to the specifications of the *Appell* testform, except that the SC-4 grade was not included.

† Approximate parameters for BC-6 range from 200 to 350.

Carbon tetrachloride used in place of carbon disulfide, method 1.

³ Many highway agencies readily show clear-cutting negatively show a negative reaction to the spot test. This requirement is not a part of the Asphalt Institute manual.

جدول رقم (11- 4)

TABLE 8. SPECIFICATIONS FOR RAPID-CURING LIQUID ASPHALTIC MATERIALS

AAEO Destination NEI- A

Specification designation		RC-0	RC-1	RC-2	RC-3	RC-4	RC-5
General requirements	ASTM Method	AASHTO Test	The material shall be free from water.				
Flash point (Cleveland), °F		T79	.....	.....	80+	80+	80+
Pour viscosity at 73° F, csm		D88	T79	75-150	75-150	75-150	75-150
Pour viscosity at 125° F, csm				75-150	75-150	75-150	75-150
Pour viscosity at 160° F, csm				100-200	100-200	100-200	100-200
Pour viscosity at 180° F, csm				.....	.....	150-300	200-300
Distillation							
Distillate (% of total distillate to 360° F)							
To 214° F	D480	T79	15+	10+	40+	55+	8+
To 271° F			40+	40+	.....	.....	.....
To 302° F			70+	70+	65+	84+	80+
To 360° F			70+	80+	67+	82+	70+
Residue from distillation to 360° F, volume %, by difference			30+	20+	37+	72+	92+
Tests on residue from distillation							
Penetration 77° F, 100 g							
Penetration 77° F	D4	T6	80-150	80-150	80-150	80-150	80-150
Stability in carbon tetrachloride, %	D113	T6	100+	100+	100+	100+	100+
Spot test (when specified) with:	D4 *	T6 *	66.5+	66.5+	66.5+	66.5+	66.5+
Standard methods solvent		T165					
Refractive index solvent, % xylene					Negative—all grades	Negative—all grades	Negative—all grades
Refractive index solvent, % xylene					Negative—all grades	Negative—all grades	Negative—all grades

* Except that carbon tetrachloride shall be used instead of carbon disulfide as solvent, method 1.

جدول رقم (11-5)

ب. محلول الاسفلت متوسط التطاير (M.C) (Medium Curing):

ويحضر كالتالي: اسفلت جامد + مادة منيبيية (كان) وهذه المادة اقل تطايراً من الصنف الأول، ويندرج تحت هذا الاسم ست مجموعات مبينة في الجدول المرفقة في آخر المادة.

ويمكن تقسم هذا النوع حسب لزوجته إلى:

M_{c3000} , M_{c800} , M_{c250} , M_{c70} , M_{c30} اعتماداً على لزوجته اماكن استعمال هذه الأنواع:

M_{c70} , M_{c30} يستخدمان كوجه تاسيس (Prime Coat) للأسطح المحتوية على مواد ناعمة متوسطة ودرجة حرارته عند الاستعمال ما بين (15 - 60)°م.

M_{c800} , M_{c250} يستخدمان في الخلطات الاسفلتية الباردة على جوانب الطرق وللمواد المحتوية على نسبة متوسطة من الحصمة الناعمة ودرجة حرارته عند الاستعمال ما بين (50 - 90)°م.

M_{c3000} فيتميز بإنها شديدة اللزوجة وتستخدم أيضاً في الخلطات الباردة في المصنع غالباً وتتراوح درجة حرارتها عند الاستعمال ما بين (90 - 120)°م.

والجداول من (1/11 إلى 7/11) تبين مواصفات هذه المواد.

ومحلول الاسفلت بطء التطاير (S.C) (Slow Curing):

ويستخرج هذا النوع من تقطير المواد الخام للبترو، ويتم إنتاجه بخلط الاسفلت الجامد + مادة منيبيية كالديزل، ويستخدم في الخلطات التي بها نسبة عالية من الحصمة الناعمة ليسمح بتخلخل الخلوط خلال هذه الحصمة ويغلفها تماماً.

وتقسم هذا النوع إلى ستة أنواع كما في الجداول من (11-1 - 11-7)،
إما إذا اعتمدنا اللزوجة كتصنيف فتقسم إلى S_{c3000} , S_{c800} , S_{c250} , S_{c70} .

S_{c70} يستخدم في أعمال التأسيس (Prime Coat) حيث تزداد كمية المواد الناعمة في الخلطة الاسفلتية وهذا النوع يسبب عند درجات الحرارة العادية.

$S_{c250,800}$ فهاتان تستخدمان في أعمال الخلط على جوانب الطريق عندما تكون كمية الحصى بها نسبة متوسطة من المواد الناعمة ولزوجتها من السابقة.

S_{c3000} فيحتاج إلى عملية تسخين لتسييلة واستخدامه في خلطة الاسفلت في المصنع غالباً وهذه المادة لزجة جيداً في درجة الحرارة العادية.

والجداول من (11-1 - 11-7) تبين مواصفات المواد أعلاه.

ثانياً: الاسفلت المائي (المستحلب) Emulsified Asphalt

يتم الحصول على هذا النوع من الاسفلت المستحلب كالتالي:

- يسخن الاسفلت الجامد حتى يصل إلى درجة حرارة تتراوح ما بين (100 - 130) م°.
- تسخين الماء إلى درجة حرارة تتراوح ما بين (60 - 70) م° مع مادة الصابون أو النشا الذي يسبب الرغوة.
- يوضع المزيج من (أ، ب) في خلاطة ويضاف للمزيج مادة كيميائية وتدار الخلاطة مع الهز بسرعة عالية جداً.
- يترك المزيج ليبرد (ويحمى من البرد والصقيع في الأماكن الباردة).

وهذا المزيج هو عبارة عن حبيبات صغيرة معلقة في الماء (بسبب الصابون والنشا) وهذا المزيج هو ما يسمى الاسفلت الرغوي او الاسفلت المائي او الاسفلت المستحلب.

وتكون نسبة تركيز الاسفلت الجامد في المحلول (60%) للمحلول المستخدمة في الوجه الختامي للطريق وتقل هذه النسبة لتصل إلى ما بين (30- 50%)، للمحلول المستخدم في رشة الوجه (ورقة الاسفلت) كوجه تأسيس أو لمعالجة سطح الطريق.

ويستخدم هذا النوع كوجه تأسيس (Prime Coat)، كوجه لاصق (Tack Coat)، كوجه ختامي (Finishing Coat)، او لسد الشقوق (Sealing Coat)، وفي الخلطات الاسفلتية.

ويتبخر الماء من المستحلب عند رشه ويعتمد التبخر على مايلي:

1. سرعة التبخر.
2. التفاصل بين المستحلب والحصبة.
3. الخاصية لشميرية وامتصاص سطح المواد للمستحلب.
4. الحركة والتهز أثناء عملية الدحل والرج الميكانيكي.

ويمكن تقسم الاسفلت المستحلب إلى ثلاثة أقسام حسب سرعة التصلب:

الأقل تركيزاً	سريع التصلب	Rapid Set	R.S
	متوسط التصلب	Mednum Set	M.S
الأكثر استقراراً	بطئ التصلب	Slow Set	S.S

(R.S) يستخدم لطبقة الوجه الختامي وللمعالجة السطح ولإعمال رصفة مكادم.

(M.S) يستخدم في أعمال الخلط على جوانب الطريق.

(S.S) يستخدم كوجه لاصق ومع الخلطة ذات الحصمة الناعمة.

ويستخدم هذا النوع مع الحصمة الرطبة حتى في الأجواء الباردة حيث لا يحتاج إلى عملية تسخين والجدول السابقة يبين خصائص المواد من جداول (1/11 - 7/11).

تغير اللزوجة مع الوقت للأسفلت المحلول والأسفلت المستحلب، وتزداد اللزوجة تدريجياً في الأسفلت المحلول وفقاً لتطاير المواد المذيبة أو المساعدة التي تحتوي عليها حتى تصل للدرجة الأسفلت الجامد ثم تثبت قيمة اللزوجة، بينما في الأسفلت المستحلب تزداد اللزوجة فجائياً عندما يتصلب الأسفلت المستحلب.

والأشكال من (1/11 - 7/11) يبين ذلك.

مما سبق تبين أهمية الأسفلت واستخداماته بشكل كبير ومن الخواص المطلوبة في الأسفلت:

1. القوام.
2. التحمل مع الدوام للعوامل الجوية والطقس.
3. معدل جفاف الأسفلت.
4. مقاومته للمياه.

ويتم كل ما سبق بإجراء فحوصات الأسفلت الضرورية اللازمة للتعرف على خواص ومواصفات الأسفلت المطلوبة.

TEMPERATURES AT WHICH VARIOUS BITUMINOUS MATERIALS
SHALL BE APPLIED

Material		Temperature, °F		
		Correct for Average Conditions	Min.	Max.
Asphalt cement	60-70, 70-80, 85-100	250-325	225	350
Asphalt cement	150-200, 200-300	250-275	225	325
Asphalt waterproofing primer	Primer A *	50-80	40	100
Rapid-curing liquid asphalt	RC-0 & RC-1 *	75-125	50	150
Rapid-curing liquid asphalt	RC-2 & RC-3 *	100-150	75	175
Rapid-curing liquid asphalt	RC-4 & RC-5 *	175-225	150	250
Medium-curing liquid asphalt	MC-0 & MC-1 *	75-125	50	175
Medium-curing liquid asphalt	MC-2 & MC-3 *	150-200	125	225
Medium-curing liquid asphalt	MC-4 & MC-5 *	200-250	175	275
Slow-curing liquid asphalt	SC-0 & SC-1 *	75-125	50	175
Slow-curing liquid asphalt	SC-2 & SC-3	175-225	150	250
Slow-curing liquid asphalt	SC-4, SC-5, SC-6	225-325	200	375
Asphalt emulsion	RS, MS, SS, WPE	60-120	50	150
Brick filler	F-1	400-475	375	500
Brick filler	F-2	475-500	450	525
Waterproofing asphalt	WPA	300-350	275	375
Powdered asphalt	Pwd. A			
Tar waterproofing primer	Primer T	50-80	40	100
Light tar	RT-1, RT-2, RT-3	50-120	50	140
Medium tar	RT-4, RT-5, RT-6	125-150	100	200
Heavy tar	RT-7, RT-8, RT-9	185-225	175	250
High-carbon tar	RT-10, RT-11, RT-12	185-225	175	250
Tar outback	RTCB-5, RTCB-6 *	80-120	60	120
Waterproofing pitch	WPP	250-350	200	375

From *Construction and Material Specifications*, Ohio Department of Highways, January 1, 1949.

* These materials contain flammable volatile constituents and extreme care must be used in handling and heating.

جدول رقم (11 - 7)

TYPICAL EXAMPLES OF PROPORTIONING FOR ASPHALTIC-CONCRETE
SURFACE COURSES

By Percentages Passing and Retained

[illegible]

* Filter specified, but included in percentages shown.

† That portion of aggregate passing the no. 10 sieve is considered separately as 100% in determining these limits.

TYPICAL EXAMPLES OF PROPORTIONING FOR ASPHALTIC CONCRETE
By The Corps Ponton

Stone Openings for Aggregates	Per Cent by Weight Finest Sieves									
	Asphalt Institute		Conf. Div. of Hwy. (1946)			Georgia Hwy. Dept.			Penn. Dept. of Hwy.	
	Surface Course		Base Course	Leveling Course	Surface Course, Type A	Blotter Course, Type A	Surface Course, Type C	Surface Course, Type B	Blotter Course	Wearing Course
	1 In. Max.	3/4 In. Max.								
3 3/4 in.			100							
3 in.			90-100							
2 3/4 in.										
2 1/4 in.										
1 1/2 in.	100		70-85	90-100	100	85-100	85-100	-	100	
3/4 in.	80-100	100		100	90-100	80-100	80-100	100	80-100	100
3/4 in.	75-90	95-100	45-65	65-80	70-85	45-65	60-80	100	20-80	
3/4 in.										
No. 4	45-60	60-80	30-45	65-80	65-80	35-40	35-50	30-50	30-50	40-70
No. 8			35-55	55-65	35-40		30-35	20-30	20-30	30-45
No. 10	35-47	60-85								
No. 16						30-35	30-35	30-35	10-20	20-40
No. 20										
No. 30			17-25	15-27	15-25					
No. 40	30-35	50-55					10-25	15-25	5-15	5-25
No. 60										
No. 80	10-34	15-27	5-14	7-12	5-15	0-10	7-10	10-15	0-10	5-15
No. 100			0-15	1-4	0-5	0-5	0-5	0-10	0-5	0-5
No. 200	5-17	0-15								
Filler, % by wt.	"	"	None	None	0-5	None	"	"	None	"
Arch. % by wt.	0-5	0-5.5	4.5-5	4.5-5.5	5-6.5	4.5-7	5.5-9	0-10	5-7.5	0-9
Penetration	50-60 to 85-100		60-70 to 120-150				30-100			

* Filler modified, but included in percentages above.

† Filler other is included in the gradings shown above.

‡ These percentages are for stone aggregate. They increase to 5-6 and 7-10 for blotter and wearing courses if slag is used.

جدول رقم (11-9)

تصميم الخلطة الإسفلتية الخرسانية الساخنة:

(Asphaltic or Bituminous concrete Pavements)

يقصد باصطلاح الخرسانة الإسفلتية (Asphaltic Concrete) نوع سطح

الطريق المصنع من الحصى المدرجة الساخنة ومواد ناعمة المخلوطة بالإسفلت الساخن، والخرسانة البيتومينية اصطلاح أكثر شيوعاً المكون من الإسفلت الخرساني وخلطات مشابهة مع القار المكرر (Refined Tar).

والحصى الخشن هنا هي الحجارة المكسرة، الحبيث المكسر (خبيث الأفران

والمصانع) أو حصى كبيرة مكسرة مضافاً لها الرمل أو الرمل ومواد مائلة.

والحصمة الناعمة هي الجزئيات أو الحبيبات المتدرجة في الحجم من منخل رقم (10) على منخل رقم (4) وما دونه، ويحتوي على الرمل أو الحجر المار من المناخل أو الاثنين معاً، ويجب أن تكون الحصمة خالية من الأوساخ والمواد العضوية وتدرج في الحجم من الخشن إلى الناعم.

في بعض الأحيان تستخدم المواد المائلة كعنصر ومكون منفرد للخرسانة الاسفلتية، ومن العناصر المائلة هو مسحوق الحجر الجيري الناعم، الاسمنت البورتلندي أو غبار بعض المعادن.

تحضير خلطة الاسفلت الخرساني:

Preparation of bituminous – concrete Mixtures

يجب أن تتوفر المصبع الساخن (Hot Plants) الذي ينتج مثل هذه الخلطات مكلف ومعقد، والشكل (8-9) يبين رسماً لهذا المصنع.

وفي المدن الكبيرة حيث الطلب على مواد الرصفة مستمر فالتحديات الدائمة التي تخدم المناطق الحضرية والعواصم قد وجدت، وفي المناطق الريفية والزراعية تحتاج المشاريع المنفردة إلى مصانع متحركة لتصل إلى الموقع ولذلك يجب إنشاء خط سكك حديدية أو الطرق السريعة، والمواد الاسفلتية تنقل من موقع التكرير إلى المصنع الحار (Hot plant) في شاحنات أو تنكيات خاصة تسخن المواد بواسطة ملفقات حرارية غازية ذات ساعات ما بين (6500-10000) جالون وتحمل المواد الرابطة في حرارتها العليا (تنخفض الحرارة أو تقل بمعدل (15-20)°م لكل يوم أثناء النقل متأثرة بالأحوال الجوية).

فرش ودخل خلطة الاسفلت الخرساني

لنقل هذه الخلطات بواسطة القلابات إلى موقع الطريق من المصنع فإذا كانت المسافة طويلة يتوجب تغطية القلابات لتقليل النقص في الحرارة ولا يفضل فرش هذه الخلطة في ظروف ياردة أو ماطرة.

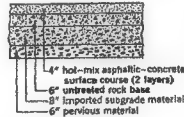
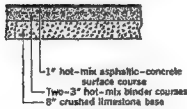
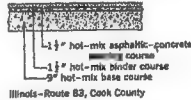
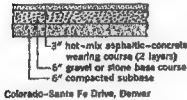
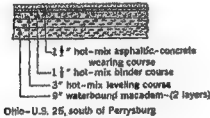
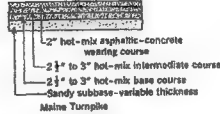
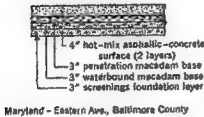
وتستخدم الآن الآليات الحديثة لفرش الخلطة وتسمى الفراشات، ويحدث عمق الطبقة قبل عملية الدحل ومن النادر أن تفرش طبقات سماكتها أكثر من (9) سم، ولكن تفرش على طبقتين وتدخل كل طبقة منفردة ويتم دحل الطريق مرات عديدة حتى لا تترك هناك آثار لعجلات المدحلة، ويتم الدحل من الأطراف ثم يتجه إلى المنتصف، والدحل إما أن يكون على كامل طول الطريق باتجاه واحد ثم العودة وهكذا أو يكون دحل مقاطع من الطريق أو بشكل قطري ويفضل المداحل ذات الثلاثة محاور ويمكن أن تربط المحاور الثلاث لتملأ المدحلة ككتلة واحدة أو يثبت المحور الأوسط على مستوى أعلى أو أدنى كما هو مطلوب، ويفضل التأكد من كثافة الدمك ليصل إلى (95٪) من الدمك الأقصى، والسطح المدموك غالباً ما يكون مانعاً لنفاذية الماء (السوائل) ومستويًا تماماً مقداره $\left(\frac{1}{8}\right)$ أنش فقط لكل 16 قدم طول.

التصميم النموذجي لطريق الخرسانة الاسفلتية

Typical Design for bituminous Pavement

بعض الطرق الخرسانية لاسفلتية لها سماكة كلية مقدارها (2) أو (5) سم مدخول تستطيع تحمل أعداد كبيرة من الحمولات الثقيلة ويفترض في هذه الطرق الارتكاز إلى قاعدة كافية قوية، وفي بعض الحالات يبلغ عمق الطريق أكثر من (30) سم/12 أنش وفي السنوات القريبة والحالية زاد الطلب على إنشاء طرق ذات سماكات قليلة شريطة أن تكون رصفة الطريق مركزة على طبقة أساس ممتازة.

هذه التصاميم مبنية على فكرة أن الهدف من سطح الطريق هو حماية القاعدة من عوامل الطقس وعمليات الحف والحت من قبل حركة الشاحنات والسيارات على سطح الطريق والشكل رقم (11- 8) يبين مقاطع نموذجية مختلفة ويجب ملاحظة الفروقات في طبقة ما تحت الأساس الذي يؤثر كثيراً على الفروقات في سمك الطبقات والقاعدة الشكل رقم (11- 2).



Typical asphaltic concrete pavement installations for roads carrying large volumes of heavy traffic (Data collected by The Asphalt Institute)

الشكل رقم (11- 2)

الوحدة الثانية عشرة

خراب الطرق وصيانتها

المقدمة:

صيانة الطرق هي الهم الأكبر لدوائر الصيانة للطرق السريعة والشوارع حيث أن ما يرصد من موازنة لهذا البند هو قليل نسبياً.

ولكبر الفروقات والتغيرات في أنواع التربة، الطقس، والتضاريس، الشاحنات والسيارات بأنواعها وعوامل أخرى تنشأ مشاكل متعددة حتى للمناطق المحدودة (مساحات صغيرة)، وبعض المناطق وعرة وجبلية وبعضها سهل ومستوٍ، وبعض المناطق تساقط المطر فيها كبير وبعضها قليل وشبه صحراوية، بعض الطرق مريضة وبعضها ضيقة، ومنها ما يتحمل أحمال كبيرة ومنها أحمال صغيرة خفيفة.

لكل ما ذكر أعلاه وبالرغم من هذه الفروقات فإن هناك طرقاً متعددة للصيانة تستعمل بشكل جيد في كل المناطق.

وتشير إلى بعض الاصطلاحات المستخدمة في أعمال الصيانة منها:

1. الاسفلت الخرساني (الجامد) (Asphalt concrete): وهو اسفلت اسمنتي ساخن وحصمة متدرجة ذات نوعية ممتازة مدموكة جيداً في كتلة كثيفة موحدة.
2. طبقة روية الاسفلت المستحلب: (Asphalt Emulsion slurry Seal)، وهو مزيج من خليط من الاسفلت المستحلب بطيء التصلب وحصمة ناعمة ومادة مالئة بالإضافة للماء لإنتاج الروية المتجانسة.
3. طبقة لاسفلت الضبابي: (Asphalt Fog seal) وهو طبقة خفيفة من الاسفلت المستحلب بطيء التصلب مخفف بالماء، ويستخدم لإعادة تجديد وجه الاسفلت القديم وإغلاق الشقوق وفراغات الأسطح، ويخفف هذا بكمية من الماء مساوية لكمية الاسمنت المستحلب ويرش رشاً بمعدل (0.1 - 0.2) غالون/ لكل ياردة مربعة اعتماداً على النسيج وجفاف السطح القديم.

4. طبقة اسفلت التسوية: (Asphalt leveling course): طبقة مختلفة السماكة تستخدم للحد من عدم استوائية الطريق قبل وضع طبقة المعالجة (والطبقة خليط من الاسفلت وحصى).
5. طبقة إضافية (Asphalt Overlay): طبقة أو أكثر توضع على سطح الطريق الموجود، وهذه تستخدم أيضاً لتصحيح مناسيب الطبقة القديمة ومتبوعة بطبقة أو طبقات للحصول على السماكة المطلوبة، (في بعض الأحيان تعتبر هذه الطبقة كطبقة إنشائية وليست صيانة).
6. طبقة السطح (Asphalt Pavement) وهي طبقة من الحصى مرشوشة بطبقة لاصقة من الاسفلت الاسمنتي موضوعة على طبقة أساس الطريق أو حجارة رصفة مكسرة أو أي طبقة أساس أخرى وحتى على طبقة اسمنتية خرسانية أو طوب.
7. وجه اسفلت تاسيس (Asphalt Prime Coat): طبقة ذات لزوجة قليلة ترش على السطح لتعمل كقاعدة رابطة لطبقة الأسفلت لسطح الطريق، ووظيفة هذا الوجه أيضاً التخلخل في قاعدة الطريق وإغلاق الفجوات وتقسية السطح من أعلى وللمساعدة على الربط مع طبقة الاسفلت اللاحقة.
8. اسفلت غالي (Asphalt Seal Coat): طبقة خفيفة من الاسفلت تستخدم كوجه مانع للماء ولتحسين خاصية سطح التآكل ومن الممكن رش حصى فوق هذه الطبقة أو عدم رش طبقة امتداداً على الهدف من استخدام سطح الطريق، ومن أنواع هذا الاسفلت الرئيسية: الاسفلت المستحلب، والاسفلت الضبابي.
9. اسفلت معالجة السطح (Asphalt Surface Treatment): يستخدم لأي نوع من الطرق أو الرصفة دون أو مع طبقة من الحصى والتي تؤدي إلى زيادة في السماكة أقل من (2.5 سم).
10. اسفلت لاصق (Asphalt Tack coat): طبقة خفيفة من الاسفلت السائل ترش على اسفلت قديم أو خرسانة قديمة لتحقيق التلاصق ما بين الطبقة المنشأة سابقاً والطبقة الجديدة التي سوف تفرش.

11. الانحناء (Deflection): وهو مقدار الهبوط العامودي للمسطح نتيجة الأحمال الزائدة على سطح الطريق.
12. بنية الرصيف (Powement Fstructure): جميع الطبقات من مواد مختارة توضع على طبقة الأساس أو ما تحت الأساس عدا الطبقات المنضأة في عملية الفرشيات.
13. الخلاط المصنع (Plant Mix): خليط مصنوع في مصنع الاسفلت وتحتوي على الحصىمة مخلوط بتجانس مع الاسفلت الاسمنتي أو الاسفلت السائل.
14. الرصف الاسفلتي العميق (Full – Depth – Asphalt Powement): وهي المنشآت الرصيفية والتي يستعمل فيها خلطة الاسفلت لجميع الطبقات فوق طبقة الأساس أو طبقة الأساس المجددة، وتوضع هذه الخلطات مباشرة فوق طبقة ما تحت الأساس.

1. تعريفات:

أ. تعريف الصيانة:

صيانة الطريق تعريف صعب توضيحه، فالبعض يسمونه تحسين الطرق والبعض يسميه صيانة والبعض يعني ب الأعمال التي تبقى الطريق كما أنشأت وغيرها من التعريفات لكن ومع أخذ كل هذه الاعتبارات فإن التعريف الذي يلاءم معظم التوضيحات هو:

العمل اليومي الذي ينفذ كي تبقى الطريق تحت الظروف العادية لمرور السيارات والآليات وقوى الطبيعة كأكرب ما تكون إلى الظروف التي أنشأت عندها الطريق.

ب. لماذا تعتبر الصيانة ضرورية:

تحتاج الطرق جميعها إلى صيانة والسبب الرئيس هو الضغوطات التي تنشأ وتسبب خراباً صغيراً ثابتاً لكل أنواع الطرق، مثل هذه الضغوطات تنشأ عن التغير في درجات الحرارة أو محتوى الرطوبة بسبب الأليات أو بالحركات الصغيرة في الطبقات التحتية الملاصقة للأرض أو التربة، الشقوق والحفر والهبوطات وأي حالات أخرى هي الدليل المرئي لاهتراء الطريق، وهي المحصلة النهائية لاهتراء وخراب الطريق التي تبدأ حيث ينتهي الأنشاء، وفي المناطق الحضرية والمدن تحفر القنوات خلال الطريق لخطوط المياه والخدمات الأخرى وهذه تعتبر من الأسباب الرئيسية لصيانة الطريق.

ج. الصيانة الوقائية:

التصليح في وقته عبارة تعني الفحص المبكر والعلاج للأعطال مباشرة، وهذا هو بل أهم عمل تقوم به فرق الصيانة، فالشقوق وتصدعات سطح الطريق التي في مراحلها الأولى تكون غير ملحوظة ممكن أن تتطور إلى أعطال كبيرة إذا لم تجر لها الصيانة اللازمة مباشرة.

هذا السبب فيجب فحص الطرق باستمرار ومراقبتها من قبل عمال متخصصون وهذا يوفر الوقت والجهد والمال على المدى البعيد، ومن الصعب رؤية الشقوق إذا ما كنا في عربة أو سيارة تمر على الطريق ولذلك فإنه يتوجب رؤية ذلك عن قرب بالمشي على سطح الطريق والتمعن في كل الشواهد على سطح الطريق من قرب، ومن الممكن أيضاً رؤية بعض الإشارات الأخرى التي تدل على خراب في الطريق مثل الطين (رؤية الطين) وسيلان الماء على الأكتاف أو حتى على سطح الطريق نفسه والتي تعني للخبير بأن هناك مشكلة ستنشأ في المستقبل وعلى الفريق الذي يفحص الطريق أن يضع الخطط الجيدة للصيانة بأنواعها التي تحتاجه الطريق، وعلى جميع العاملين في فرق الصيانة أخذ جميع احتياطات السلامة أثناء تفقدتهم وكتابتهم لتقارير الصيانة للطرق (لباس، أحذية، نظارات،....).

2. صيانة الرصفات

Maintenance of Asphalt Pavements

أ. أنواع الرصفات: صيانة الرصفات تتناول الرصفة العميقة وحتى المعالجة السطحية وتشتمل على المسارب الرئيسية والاكتاف والشوارع الفرعية ومدارج الطائرات ومواقف السيارات وكل أنواع الرصفات الأخرى حتى الاسمنتية منها.

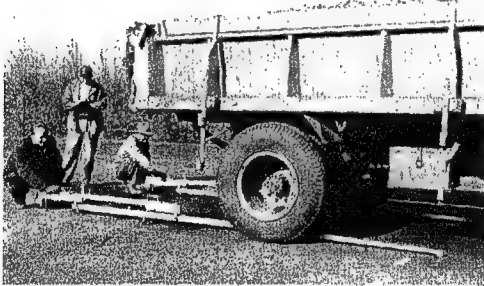
وستتناول هنا الأنواع العادية من الأعطال والهبوطات في رصفات الاسفلت أسبابها وطرق علاجها بشكل عام.

ب. الرطوبة والأساس الحبيبي: في الوقت الراهن كثير من الرصفات الاسفلتية تحتوي على الوجه أو السطح الاسفلتي فوق قاعدة حبيبية، وهذه القاعدة تتدرج من الحمصة (الحصى) إلى خليط المقلع من الحصى إلى الصخر والنصخر المكسر، هذه الأنواع من القواعد تدوم طويلاً طالما أنها لا تتعرض لأي رطوبة أو تصرف الرطوبة بشكل جيد ولكن إذا ما تشبعت بالماء فإنها تفقد قوتها سريعاً تحت الأثقال وعوامل تسير عليها (السيارات أو الشاحنات وغيره) وامتصاص الماء وتشبع هذه القواعد هو العامل الأهم لمشاكل الصيانة فمنها ما تصبح طبقة القاعدة لينة وتشقق إلى ما يسمى الشقوق التماسح ونموذج خطوط الرجاج (متشعبة) ولذلك يجب معالجة أسباب حدوث هذه الأسباب وليس صيانة الشقوق فقط، وتصمم كثيراً من الرصفات ذات الأساس الحصىو بتصارييف خاصة لمنع تشبع الحصى بالمياه السطحية وحتى الجوفية، ولكن كثيراً من الرصفات الآن ذات الأساس الحصىو الطيني مغطاة بطبقة الاسفلت مشبعة وينشأ عنها مشاكل للرصفة (غالباً ما تكون مثل هذه الرصفات (حصوية طينية) بها نسبة عالية من المواد الناعمة)، فعند سقوط الأمطار تتشبع هذه المكونات بالمياه (وعند الجفاف تفقد هذه المكونات المياه)، وبما أن طبقة الاسفلت تمنع تبخر المياه من خلالها فإن هذه المياه تحاول الهروب من خلال طبقات الأساس وما

تحت الأساس ومن الاكتئاب مما يؤدي حتماً إلى حدوث التشققات والهبوطات والتصدعات في جسم الطريق.

عليه يتوجب عند تفقد سطح الطريق أن نلاحظ وجود المادة الناعمة والماء المحبوس داخل مسامات وفراغات الطبقة لتحسن ظروف الصرف للمياه وأيضاً أن نستخدم أسفلت مخلوط داخل خلطات الاسفلت وليس موقعياً على الطريق.

ويقاس مدى الهبوط الكبير في سطح طريق بجسر يسمى جسر بنكلمان كما في الشكل (12 - 1) وهو جسر رفيع يوضع طرفه بين عجلتي القلاب (المحمل الخلفيتين والطرف الآخر يمتد على المنطقة الهابطة، وعند تحرك القلاب على الأمام بسرعة بطيئة جداً يرتد طرف هذا الجهاز إلى أعلى ويقاس هذا الارتداد ويقارن مع سطح طريق ليس به أي هبوط، أو هبوطها قليل نسبياً وتعالج هذا الهبوط ويصان جيداً، ويقاس الارتداد بواسطة عداد قياس الارتداد المثبت على ذراع الجهاز (dial gauge).



—Benkelman beam (Photo courtesy U.S. Bureau of Public Roads)

الشكل رقم (12 - 1) يبين جسر بنكلمان

ج. خلطات الترميم (Patching Mixtures)

كثير من خلطات الترميم تنزف فتصبح غير ثابتة وتعرض لعمليات دفع بعد وضعها على السطح المنوي ترميمه، والسبب في هذا زيادة نسبة مادة الاسفلت في الخلطة وكذلك فإن من الأسباب هو عدم إعطاء الوقت الكافي لهذه الخلطة بالجفاف والسماح للمرور (السيارات والشاحنات) عليها، وعليه يجب اختيار تصميم خلطة جيدة بالرغم من ارتفاع كلفتها لتدوم هذه الخلطة طويلاً، وبالإمكان الحصول على خلطة ترميم ساخنة في الموقع باستخدام سخانات خاصة للحجم المراد استخدامها، وأيضاً ممكن استخدام سيارات صغيرة تخلط مثل هذه الحجم المراد استخدامها لذلك المكان شبيهة بسيارات الخلطات الجاهزة للخرسانة.

د. وجه التأسيس والوجه اللاصق (Prime and Tack coat):

إذا تبين أن أساس منطقة الترميم غير معالج فيجب تأسيسه بمعدل (0.2 - 0.3) جالون/ ياردة مربعة بالاسفلت السائل، فإذا لم تتوفر آلة الرش فيمكن رش الاسفلت يدوياً، ولكن يجب الحذر أن لا يستخدم كمية زائدة من هذا الاسفلت السائل، فيكتفي فقط برش الاسفلت بحيث يشكل السائل خطوطاً على طبقة الأساس مثل خطوط العنكبوت، وحواف القطع أو الحفرة مثلاً يجب رشها بوجه لاصق لتأمين التلاصق بين أسطح الحواف وخلطة الترميم.

وإذا استخدم وجه تأسيس ووجه لاصق يتوجب إعطاء الوقت الكافي لجفاف هذين الوجهين إذا كان الاسفلت من نوع الاسفلت المستحلب (حتى يتبخر في المستحلب وتجف الاسفلت)، قبل وضع خلطة الترميم.

وكذلك إذا استخدم الاسفلت سريع الجفاف أو متوسط الجفاف يجب إعطاءها الوقت الكافي حتى يتغلغل الاسفلت في المسامات والفراغات قبل وضع خلطة الترميم، واخلطة الوجه يجب رش السطح بالاسفلت لاصق بكمية معقولة حيث أن زيادة كمية رش السطح بالاسفلت اللاصق يمكن أن يسبب انزلاق خلطة الترميم.

ه. فرد وفرش خلطة الترميم:

بعدتهيئة الحواف والسطح ورش وجه التأسيس والوجه اللاصق يتبقى فقط فرش ودخل خلطة الترميم.

يجب عدم رمي خلطة الترميم من القلاب مباشرة في المنطقة المراد وضع الخلطة عليها بل يجب تنزيلها بواسطة الكوريك من القلاب أو وضع مزراب أو ألواح خشب ثم ينزل عليها خلطة الترميم ابتداء من الحواف ثم إلى المنتصف للمنطقة المراد صيانتها ويجب استخدام الكمية المناسبة فقط للترميم بحيث لو تم دحل هذه الطبقة يكون مستواها مع مستوى سطح الطريق وليس أعلى ولا أدنى من ذلك حتى لا تسبب ضرراً مستخدماً سطح الطرق، كما في الشكل (12 - 2).



Placing patching mixture

الشكل رقم (12 - 2)

فرد وفرش خلط الترميم

و. دمك خلطة الترميم:

يجب مراعاة أن يكون مسار الرجاج أو المدحلة في شوط الذهاب وشوط الأياب متراكباً بمعدل لا يزيد عن (15) سم ويجب الدحل المتكرر على الطرف الأخر حتى يتم التلاحم جيداً عند حواف الأطراف، ويجب أن يتم الدحل من الطرف المنخفض إلى الطرف الأعلى في الذهاب والأياب ومراعاة التراكب بحيث يكون السطح الجديد كما أسلفنا في مستوى السطح القديم تماماً.

ولكن إذا استخدم الدمك اليدوي فيفضل أن يبقى السطح الجديد مرتفعاً قليلاً عن سطح الطريق الأصلي ومرور السيارات والشاحنات سيضغط على السطح الجديد ليصبح مستوياً تماماً مع السطح القديم كما في الشكل (12 - 3).



Compacting patching mixture

دمك خلط الترميم وتسويتها

الشكل رقم (12 - 3)

١. التشققات (Cracking):

عام: التشققات تأخذ أشكالاً عديدة هالتشققات البسيطة صيانتها تتم بتمبئتها وفي يوم آخر يجب إزالة للمنطقة المتشققة تماماً وإجراء التمديدات لصرف الرطوبة والمياه تكون ضرورية قبل إجراء الإصلاح الجذري لهذه التشققات وعليه، فإن الإجراء الصيانة يجب تحديد نوع التشقق، والذي سنبينه هنا سيكون هو الطريق الأنسب وليست الوحيدة لإجراء الصيانة.

تشققات التماسح Alleator cracks: هذه تشققات متصلة مع بعضها البعض مشكلة مربعات أو مستطيلات أو أي شكل آخر شبيهة بجلد التماسح، أو اسلاك الزجاج (الذي يستخدم في القفصاة)، كما في الشكل (12 - 4).

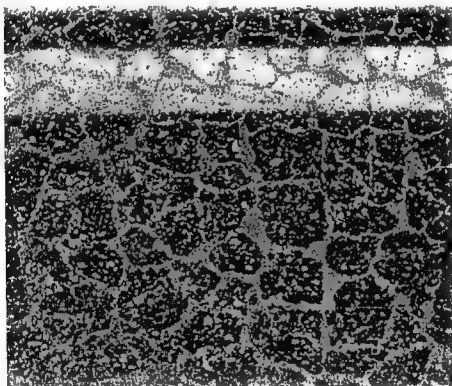


Figure II-4—Alligator cracks

الشكل رقم (12 - 4)

تشققات التماسح

أسباب التشققات: السبب في مثل هذا النوع من التشققات يعود إلى الانحناءات الكثيرة للسطح على طبقة تحت الأساس أو الطبقات السفلية للطريق، الذي سببه تشبع طبقات الأساس أو ما تحت الأساس أو ما تحت الأساس بالمياه أو الرطوبة ونتيجة لتكرار مرور الأحمال على هذا السطح أكبر من القدرة التصميمية للأوزان المصمم لها هذا السطح.

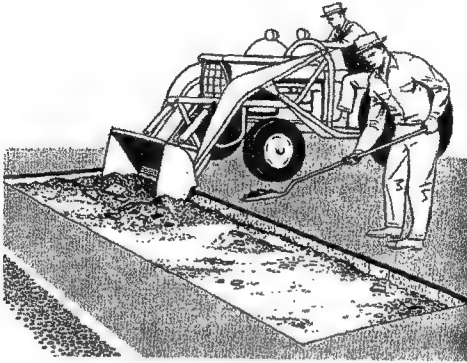
العلاج: من معرفة السبب أعلاه في حدوث مثل هذه التشققات يجب إزالة الطبقة أو المادة الرطبة وتركيب تمديدات صرف الرطوبة والمياه ثم وضع خلطة مصنع على (Plant Mix) المنطقة بكاملها للعمق المطلوب حتى الوصول إلى طبقة أساس جيدة فإذا لم تتوفر مثل هذه الخلطة فتوضع طبقات حصوية للأساس بما لا يتجاوز سمك (15) سم لكل طبقة تدمك جيداً وترش طبقة الأساس بوجه لاصق ثم توضع خلطة الترميم.

وإذا كان ضرورياً فتجرى صيانة مؤقتة بفرش حصمة ناعمة مع الأسفلت على هذه الشقوق والمنطقة المراد صيانتها كوجه خفيف، ولكن بعد ذلك يجب عمل الصيانة الدائمة للمنطقة.

الرصف الاسفلتي العميق (الصيانة الدائمة):

تتم الصيانة الدائمة بعمل التالي:

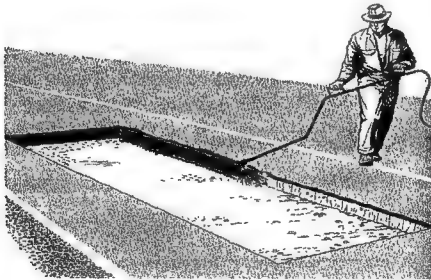
1. أزل الطبقة السطحية وما تحتها حتى العمق المطلوب للوصول إلى الطبقة الصلبة الثابتة وعلى الأقل (30 سم) خارج منطقة التشقق، (الشكل 12- 5) هذا يعني إزالة بعض من طبقة ما تحت الأساس، وأعمل القطع على شكل مستطيل أو مربع بأوجه مستقيمة وعمودية، ويكون القطع متعامداً مع حركة اتجاه حركة المرور وذلك باستخدام منشار قص الأسفلت أن كان ذلك ممكناً (Pavement Saw).



Removing surface and base

الشكل رقم (12 - 5) إزالة السطح والقاعدة

- ب. إذا كان سبب التشقق من المياه يتوجب عمل مصارف مياه أولاً.
ج. رش طبقة لاصقة أسفلتية على الحواف العمودية (الشكل 12 - 6).



Applying tack coat to vertical surfaces

د. للحصول على أفضل النتائج أغلق الحفرة بـ خلطة مصنع ساخنة (الشكل 12 - 7)، أفرش الخلطة بحذر لتمنع الانفصال في الخلطة (الشكل 12 - 8)، إذا لم يتوفر خلطة المصنع الساخنة فأغلق الحفرة من حصمة أساس متدرجة جيدة وأزل الطبقة العليا من هذه الحصمة لتصبح أوطأ من مستوى سطح الطريق.



Backfilling hole with plant-mix

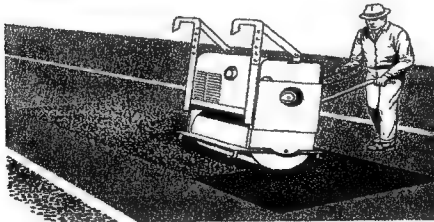
الشكل رقم (12 - 7) إعادة التعبئة بخلط المصنع



Spreading the mix

الشكل رقم (12 - 8) فرد الخلطة

هـ. أدمك على طبقات إذا كان عمق الحفرة يزيد على (15 سم) دمكاً جيداً،
 (الشكل 12 - 9) بإداة دمك مناسبة لحجم الحفرة (رجاج ذو الصفيحة
 يكون مناسباً أو مدحلة صغيرة للحفر الأكبر مساحة).



Compacting the mix

- و. عبا الحفرة بخلطة أسفلتية مباشرة ولا حاجة لوجه لاصق.
- ز. إذا استخدم أساس حصوي يجب استخدام وجه لاصق، ثم تكمل الصيانة بفرش خلطة مصنع ساخنة، ودمكها للوصول إلى منسوب سطح الطريق الأصلي، فإذا لم تتواجد الخلطة الساخنة يمكن استخدام مخلوط من المادة واسفلت سائل (تحصل على خلطة في الموقع)
- ح. استخدم حنطاً أو مسطرة طويلة للتأكد من استوائية السطح وجودته، (الشكل 12 - 10).



Straightdodging the patch

الشكل رقم (12 - 10) تسوية الخلطة مع وجه الشارع

الرقع السطحية Skin Patch (صيانة مؤقتة) للمناطق التي بها شقوق أوسع من (3.5) ملم؛

١. أعمل خندقاً صغيراً حول المنطقة التي تريد ترقيعها لعمل أوجه عامودية حول الحواف (الشكل 12 - 11).



Cutting vertical face around cracked
area

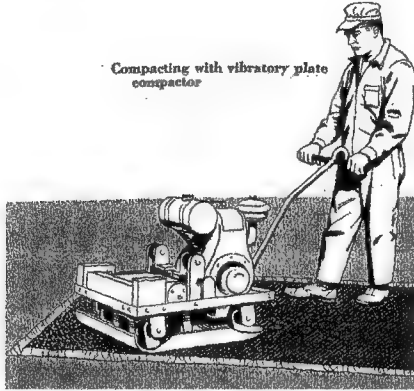
الشكل رقم (12 - 11) تحديد موقع التشقق

ب. نظف المنطقة المتشققة بمكنسة أو مضاعطة هواء (Compressor) ان لزم ذلك.

ج. كنس خلطة المصنع الناعمة في الشقوق (الشكل 12 - 12).



د. ادمك برجاج ذوالصفيحة أو مدحلة ملساء صغيرة (لشكل 12 - 13).



ه. اناكد مع إغلاق الشقوق تماماً.

و. رش سطح التشققات بوجه لاصق (الشكل 12 - 14).

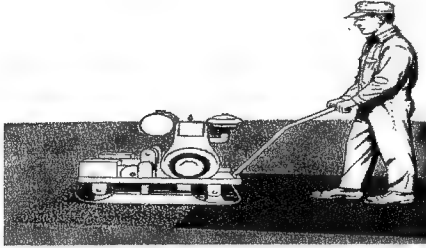


ز. ضع الرقعة السطحية من مادة اسفلتية مخلوطة في المصنع (Plant Mix) الشكل رقم (12- 15) فإذا لم تتوفر هذه المادة استخدم خلطة اسفلتية في المصنع باسفلت سائل، نظف الحواف جيداً وأزل النرات الخشنة الكبيرة نسبياً قبل بداية الدمك.



Placing skin patch of hot plant-mix

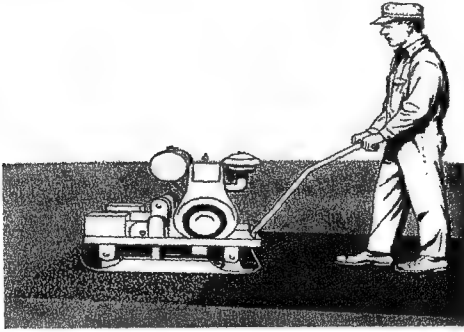
ح. أدمك الرقعة جيداً برجاج ذو الصفيحة أو مدحلة (الشكل 12- 16) فإذا لم يتوفر أي منهما بإمكانك استخدام عجالات القلاب الحامل للخلطة.



Compacting with vibratory plate compactor

الترقيع باستخدام الوجه المائي Aggregate Seal coat Patch (مبانة مؤقتة) للمساحات ذوات الشقوق الضيقة الأقل من (305) ملم،

- أ. نظف المنطقة المتشققة بالكنسة أو بضاغطة الهواء أن لزم ذلك.
- ب. رش الأسفلت السائل بالكمية المطلوبة (سواء المستحلب أو السريع الجفاف أو متوسط الجفاف) على المنطقة المنطفة، الشكل (12 - 17) من (0.15 - 0.25) جالون/الباردة المربعة، وهذه الكمية كافية للوجه المائي فإذا استخدمت كمية أكبر في الشقوق فيجب زيادة كمية الاسفلت المستخدمة قليلاً.



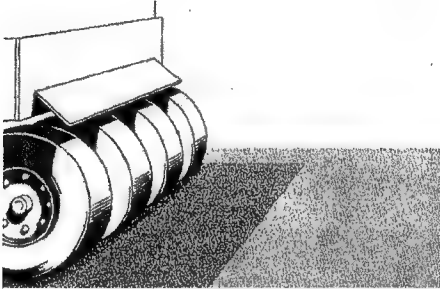
Compacting with vibratory plate compactor

ج. رش طبقة من الحصمة الناعمة (الرمل) فوراً بعد رش الاسفلت
(الشكل 12 - 18) (استخدم رمل من منخل $\frac{1}{4}$ " وحتى رقم 10).



Applying cover aggregate

د. أدخل الوجه المائل بمدحلة ذات عجلات مطاطية، الشكل (12- 19)، فإذا لم تتوفر هذه بإمكانك استخدام عجلات القلاب الحامل للمادة.



Rolling seal coat with rubber-tired equipment

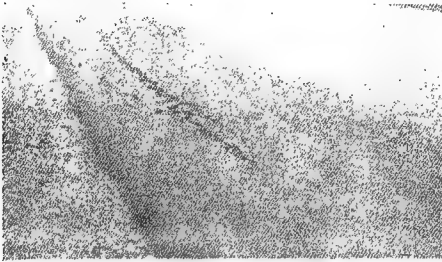
ه. انتظر حتى يجف السطح تماماً قبل السماح للسيارات بالمرور على السطح.

روية الوجه المائي (صيانة المؤقتة) لمساحات المتشققة نتيجة للإحمال الزائدة
:Slurry Seal Patch

1. نظف المساحة المتشققة بالمكنسة وإن كان ضرورياً بضغطية الهواء.
- ب. رش وجه مائي من روية الاسفلت المستحلب ودعمها تجف قبل مرور السيارات على السطح.

التشققات الحدية (الحواف) Edge Cracks:

هذه تشققات طولية حوالي القدم (30سم) من حافة الرصف دون أو مع تشققات مستعرضة متفرعة باتجاه الاكثاف، والشكل رقم (12- 20) يبين ذلك:



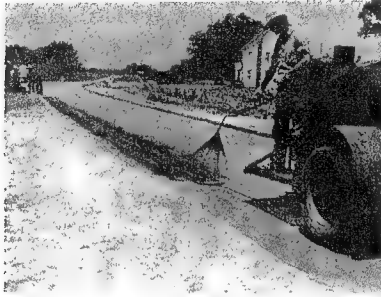
Edge crack (Photo courtesy Ohio Highway Department)

شكل رقم (12- 20) -- شقوق الحواف

اسباب التشققات: تنشأ هذه التشققات نتيجة لعدم دعم الاكتاف الطولية الجانبية، ومن الأسباب الأخرى هبوط الطبقات تحت المساحة المتشققة والتي بدورها ضعيفة التصريف أو التصريف الروئ أو نتيجة للتجمد أو الانكماش الذي يمنع جفاف المنطقة المجاورة حولها، ومن الأسباب الأخرى أيضاً امتداد جذور الشجيرات والأشجار القريبة من حواف الطبقات.

العلاج والصيانة: للصيانة المؤقتة أو الدائمة أملأ التشققات بروية الاسفلت المستحلب أو الاسفلت السائل المخلوط بالرمل فإذا ارتأيت استقرار حواف الأكتاف فوازي السطح القديم بطبقة من خلطة مصنع ساخنة ويتم العمل كالتالي:

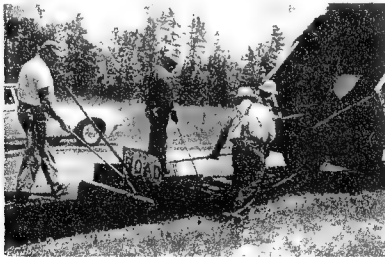
- أ. حسن نظام التصريف بعمل المواسير أو العبارات إذا كان ذلك ضرورياً.
- ب. نظف السطح والتشققات بالمكنسة والهواء المضغوط ان لزم.
- ج. أملأ الشقوق بروية الاسفلت المستحلب المخلوط بالرمل وامسح بقشاشة ما هو موجود على السطح من بقايا رمل وخلافه.
- د. رش طبقة أوجه لاصق، بشكل رقم (12- 21).



-Applying tack coat

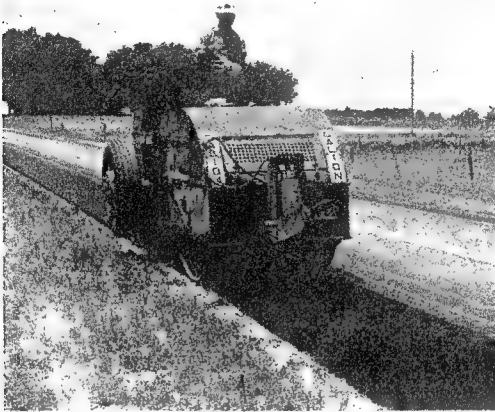
الشكل رقم (12- 21)

٥. املأ الفراغ حتى مستوى السطح للطريق برش وجه من أسفلت المصنع الساخن، الشكل رقم (20- 22) وتأكد من استوائية السطح بحافة المسطرة أو الخليط، وادمك برجاج الصفيحة أو بمدحلة صغيرة، وتأكد من استوائية الوجه ونظافته، الشكل رقم (12- 23).



Spreading hot plant-mixed asphalt material on settled edge

الشكل رقم (12- 22) فرش خلطة المصنع على الجوانب



Compacting with roller

الشكل رقم (12 - 23) الدمك باستخدام المدحلة

و. أزل الأشجار والشجيرات الصغيرة وأية مجموعات حفزية الملاصقة لحافة الطريق.

تشققات فواصل الحواف Edge Joint Cracks:

وهذا ناتج عن ابتعاد الفاصل ما بين الطريق والكتف عن موقعه الأصلي، الشكل رقم (12 - 24) وتعامل هذه الحالة كأي تشقق حاصل في سطح الطريق.



Figure II-24—Edge joint crack

شكل رقم (12- 24) فواصل تشقق الحواف

الأسباب: هو التغير المستمر في الرطوبة والجفاف تحت السطح كتف الطريق، وهذا ينتج عن التصريف الرديء نتيجة ارتفاع الكثف من سطح الطريق أو مجموعة الحشائش أو من المادة المائلة للفاصل أو من الهبوط الحاصل في حافة الطريق، وهذا مجتمعا أو منفردا يسمح للرطوبة والماء بالبقاء لفترة طويلة يتسرب في الفاصل.

ومن الأسباب الأخرى هبوط الاكتاف للطريق، تقلص الخلطة، ضغط الشاحنات التي تسبب انفراج الفاصل.

العلاج والصيانة: إذا كان الماء هو السبب فيجب تحسين نظام التصريف بالدرجة الأولى للتخلص من أسباب حجز الماء وجمعه ثم اصلاح التشقق.

تشققات فواصل مسارب الطريق (lane Joint cracks): هذه تشققات طويلة خلال خط اللحام ما بين المسارب على الطريق الشكل رقم (12- 25).

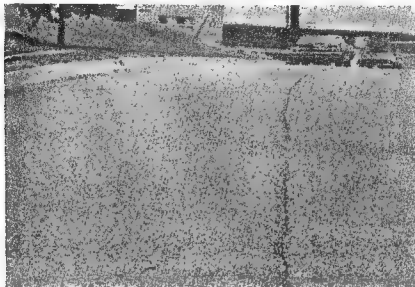


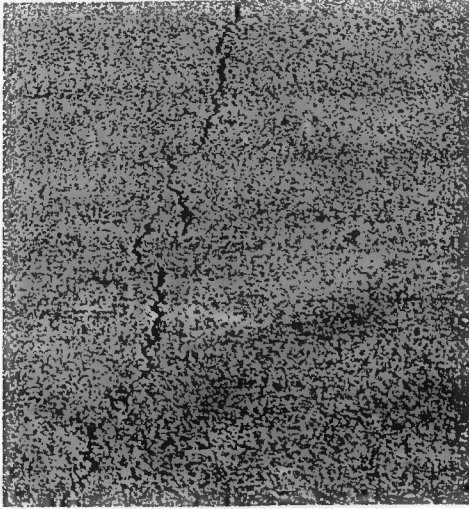
Figure II-25—Lane joint crack

الشكل رقم (12 - 25) تشققات فواصل المسارب

الأسباب؛ هذا ناتج عن ضعف اللحام بين طبقات فرشيات الطريق المتجاورة.

تشققات الانعكاس Reflection Cracks:

هذه تشققات تحدث في الطبقة السطحية الاسفلتية والتي تعكس الشقوق الحاصلة في الطبقات السفلية، (الشكل 2 - 26)، ويمكن أن يكون هذا التشقق طويلاً او مستعرضاً أو قطرياً، أو على شكل الطوب (مكتلياً).



Reflection crack

شكل رقم (12- 26) شقوق النقل

وتحصل هذه الأنواع غالباً على طبقات الاسفلت على الخرسانة الاسمنتية وعلى الطبقات المعالجة بالاسمنت، ويمكن أن تحصل أيضاً في طبقات الاسفلت والتي لا ترى فيها التشققات القديمة التي لم يتم إصلاحها بشكل جيد.

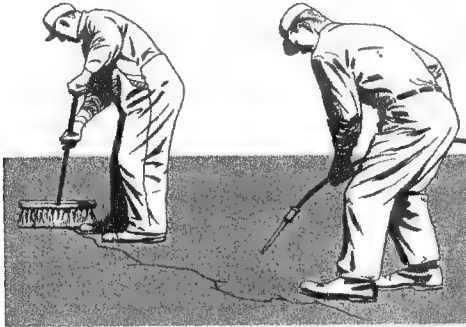
سبب التشققات: أسباب هذه التشققات من الحركات السفلية العامودية أو الأفقية التي تحصل في الطبقات السطحية الاسفلتية نتيجة للتمدد والتقلص من درجات الحرارة والرطوبة، ويمكن أن تحصل من حركة السير والحركات الأرضية أو قلة الرطوبة في طبقة التأسيس المختلطة مع الطين.

الملاج والصيانة، التشققات الصغيرة الأقل من (3.5) ملم عرضاً من الصعب إغلاقها تماماً، التشققات الأكبر من (3.5) ملم ممكن ملؤها بروية الاسفلت المستحلب أو بالاسفلت السائل المخلوط بالرمل الناعم.

ومن الممكن استخدام مركبات الاسفلت الثقيلة لملا هذه الشقوق ويتم

ذلك بـ:

ا. نظف الشقوق بمكنسة قاسية الشعر والهواء المضغوط شكل رقم (12 - 27).



Cleaning out crack with broom and air

ب. نظف الشقوق الواسعة ماسحة مطاطية يدوية ومكنسة عادية، واملأها بروية الاسفلت المستحلب أو بالاسفلت السائل الممزوج مع الرمل وعند جفافها اختتم للأسفلت السائل بإستخدام السطل والمسحة المطاطية اليدوية، الشكل رقم (12 - 28).



Sealing with pouring pot and hand squeegee

شكل رقم (12 - 28) أ، إغلاق الشقوق



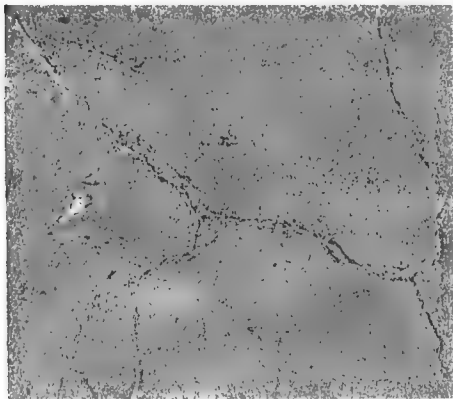
Sprinkling surface with dry sand

شكل رقم (12 - 28) ب، رش السطح برمل جاف

ج. رش الرمل الجاف على السطح لمنع التقاط الاسفلت من قبل السيارات،
(الشكل 2 - 29).

تشققات التقلص Shrinkage Cracks

هي تشققات متصلة تشكل محيطات واسعة بزوايا حادة، شكل رقم (12- 30).



Shrinkage cracks

تشققات التقلص

أسباب التشققات: أنه لمن يصعب تحديد أن التشققات هذه تحدث بسبب التغير في حجم الخلطة الاسفلتية أو في طبقة الأساس أو طبقة ما تحت الأساس، ولكن على الأغلب أنها تحدث نتيجة لتغيرات الحجم في الحصمة الناعمة للخلطة الاسفلتية ذات الاختراق القليل والسير القليل (قلة أعداد السيارات) يحد من هذه التشققات على الطرق.

الملاج والصيانة: املاً الشقوق بروية الاسفلت المستحلب متبوعة بطبقة من روية ملأ الشقوق ولكامل المطح ويتم ذلك:

1. ازل اي مواد مفككة من التشققات والسطح بالمكنسة والهواء المضغوط الشكل رقم (12- 31).



Cleaning shrinkage cracks with compressed air

شكل رقم (12- 31)، تنظيف الشقوق بالهواء المضغوط

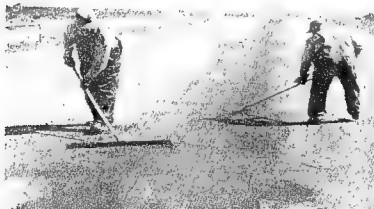
2. رطب السطح بالماء ووجه الشقوق جميعها.
3. رش طبقة لاصقة اسفلتية الشكل رقم (12- 32) من الاسفلت المستحلب (عند التأكد انه لا يوجد ماء حر) الممزوج بالماء بنفس النسبة.



Applying tack coat

شكل رقم (12- 32)، رش الوجه اللاصق

4. حفر مزيج روية الاسفلت المستحلب.
5. صب الروية في الشقوق وسوها مع الضغط، الشكل رقم (12- 33).



Filling shrinkage cracks with slurry seal

6. عند جفاف الروية حتى التصلب عالج كامل السطح بوجه من هذه الروية لإغلاق الشقوق، الشكل رقم (12- 34).



Slurry-sealing the surface

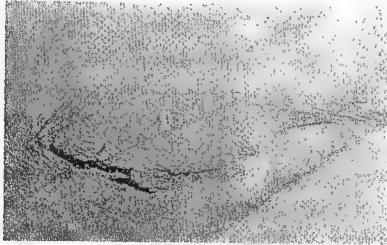
7. انتظر حتى الجفاف والتصلب تماماً ثم اسمح بحركة المرور على السطح.

التشققات المنزلقة / Slippage cracks / المتزحقة:

في بعض الأحيان تسمى التشقق الهلالي التي تشير إلى اتجاه حركة السير وتأثير ضغط العجلات على سطح الطريق (الشكل 12 - 35)، ولا يعني هذا أنها تشير بثبات إلى اتجاه حركة السير، فمثلاً لو استخدمنا سيارة تسير على منحدر كوابحها فإن أثر ضغط العجلات يكون معكوساً والانزلاق في هذه الحالة يحدث تشقّقاً يشير إلى أعلى المنحدر.

سبب التشققات: تحدث هذه نتيجة للنقص في الربط الجيد بين طبقة السطح وما تحته من طبقات، والنقص الحاصل في الربط هو نتيجة للغبار، الزيت، المطاط، الأوساخ، الماء وأي عامل آخر يسبب عدم الالتصاق بين الطبقات، وأيضاً بسبب عدم وجود وجه لاصق بين الطبقات (Tack coat)، ويحصل التشقق

المنزلق أيضاً نتيجة لوجود كمية من الرمل زائدة في الخلطة، ويحصل أحياناً نتيجة تأثير حركة المرور تسبب الدمك غير الجيد أثناء الانشاء بسبب تكسر رابطة الطبقات.

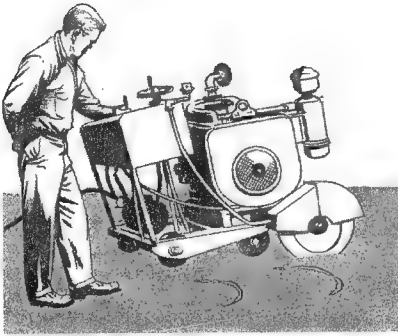


Slippage cracks

شكل رقم (12 - 35)، التشقق المنزلق

العلاج والصيانة: أفضل طريقة للإصلاح التشقق المنزلق هو إزالة الطبقة السطحية من حول التشقق حتى تصل إلى نقطة التي بها ريط جيد بين الطبقات، وتتم كالتالي:

- أ. أزل المساحة المنزلقة أو على الأقل على مسافة 30 سم حول التشقق المنزلق،
- أعمل على أن تكون الحواف مستقيمة وعمودية بإستخدام ماكينة قص الاسفلت أن امكن، الشكل (12 - 36).



Catting with power saw

الشكل (12- 36) القص باستخدام مقص كهرباء أو ديزل

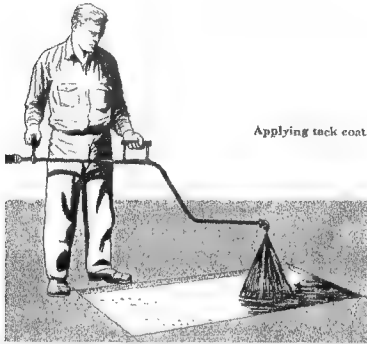
ب. نظف الاسطح جميعها والحواف بمكنسة وهواء مضغوط، الشكل (12- 37).



Cleaning surface of exposed layer

الشكل رقم (12- 37)، تنظيف السطح للطبقة المكشوفة

ج. رش طبقة وجه لاصق (Tack coat) الشكل (12 - 38).



الشكل رقم (12 - 38)، رش الطبقة اللاصقة

د. أفرش كمية من اسفلت خلطة المصنع في المنطقة المحفورة حتى يصبح السطح مستوياً بعد الدمك مع مستوى السطح السابق، الشكل (12 - 39).



Placing plant-mix in cut

هـ. سوي الخليط جيداً وبحذر حتى تمنع الانفصال في الخلطة، الشكل (12- 40).



و. تأكد من جودة سطح الطريق بمسطرة أو بخيط، الشكل (12- 41).



Checking with straightedge

ز. ادمك جيداً برجاج ذو الصفيحة أو بمدحلة حديدية ملساء، الشكل (12- 42).



Compacting with roller

التشققات المتسعة (Widening Cocks):

وهي تشققات طولية تعكس التشققات الموجودة في الطبقات السفلية على السطح فوق منطقة الفاصل بين القسم القديم والقسم الجديد عند توسعه سطح الطريق وأسبابها وعلاجها وصيانتها كما سبق في التشققات المنعكسة.

أنظر الشكل رقم (12- 43)



Figure 11-43—Widening crack

الشكل رقم (12- 43) التشققات المتسعة

التشوه - الالتواء - الاعوجاج (Distortion)؛

عام: تشوه الطريق هو أي تغير في سطح الطريق عن الشكل الأصلي، والسبب في ذلك يعود إلى قلة دمع طبقات الطريق، كثير من المواد الناعمة في طبقة خلطة السطح، كمية الاسفلت كثيرة، هبوط أو انتفاخ في طبقات الطريق السفلية، وكما هو الحال في التشققات فإن التشوه والالتواء له أشكال عديدة منها:

وكما هو الحال مع أعطال الطريق، فإن أنواع التشوه والالتواء وأسباب نشوئها يجب تحديدها قبل إجراء أي علاج صحيح لها، وتختلف تقنيات الصيانة والإصلاح من تسوية لسطح بملأ التشوه بمادة جديدة إلى الإزالة التامة للبقعة أو المساحة المتأثرة/أو استبدالها بأخرى جديدة تماماً، ومن ظواهر التشوه والالتواء أو الاعوجاج التالي:

1. الأخاديد/القنوات: هذه هبوطات نتيجة مرور عجلات الشاحنات وحركة السيارات على الطريق الشكل (12- 44).



Channels (ruts)

الشكل رقم (12- 44)، القنوات

اسباب الأخاديد: يمكن ان تنشأ هذه نتيجة للرص والحركة الأفقية الجانبية تحت تأثير حركة السير للطبقة أو الطبقات السفلية أو بإزاحة في طبقة سطح الاسفلت نفسها، ويمكن ان تنشأ أيضاً نتيجة حركة المرور لطبقات الطريق الحديثة غير المدموكة جيداً أثناء انشاؤها.

وممكن أن تنشأ من حركة الاسفلت اللدنة في الخلطة غير المستقرة فلا تتحمل أوزان الاحمال نتيجة مرور وحركة السيارات على السطح.

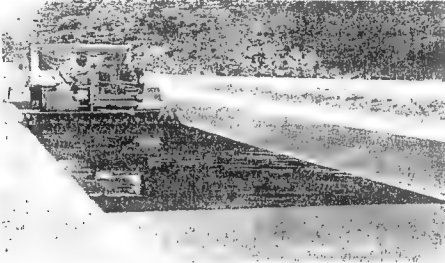
العلاج الصيانة: سوي السطح بتعبأة الأخاديد والقنوات بخلطة أسفلت مصنع ساخنة يليها طبقة خفيفة (وجه) من اسفلت كالتالي:

1. حدد أبعاد القناة/الأخدود بمسطرة أو خيط وأرسم ذلك بطباشير أو قلم ملون (الشكل 12- 45).



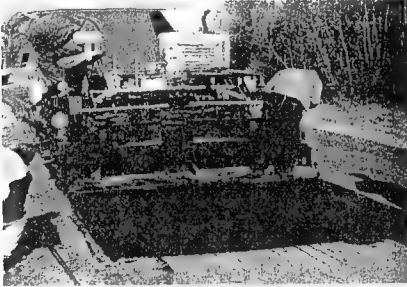
Straightedging and outlining channel
(Photo courtesy North Carolina State Highway
Commission)

2. رش وجه لاصق من عيار (0.15 – 5.05) جالون/ياردة مربعة من الاسفلت المستحلب المخفف بالماء بنفس النسبة، والشكل (12- 46).



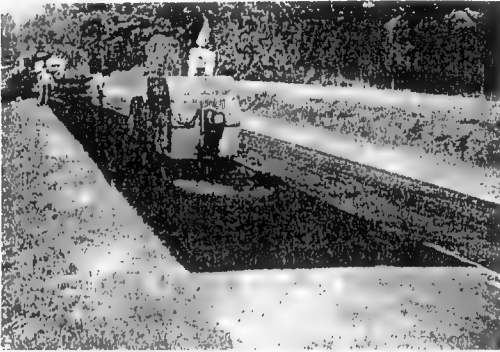
Applying tuck coat (Photo courtesy
North Carolina State Highway Commission)

3. أفرش خلطة اسفلت اسمنتي (صلبة) في الاخدود بواسطة سيارة فراشة الاسفلت، وتأكد من التحشيق والتلاحم عند الحواف، الشكل (12 - 47).

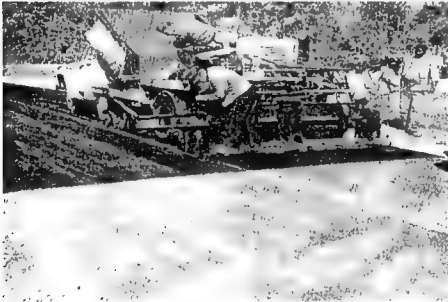


Spreading dense-graded plant-mix
(Photo courtesy North Carolina State Highway
Commission)

4. ادخل بمدحلة ذات عجلات مطاطية وإن لم تتوفر هذه فإستخدم المدحلة الحديدية للمساء، (شكل 12 - 48).



5. أفرش طبقة خفيفة من خلطة المصنع الساخنة (الشكل 12 - 49).



Placing thin overlay of hot plant-mix material (Photo courtesy North Carolina State Highway Commission)

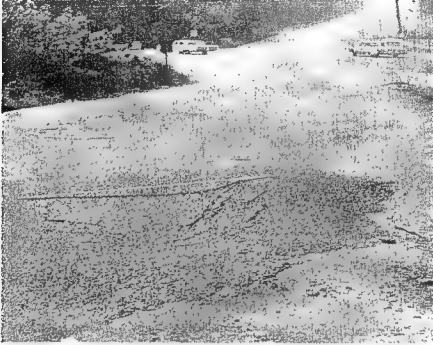
6. أفرش طبقة من الرمل لمنع دخول الرطوبة إلى السطح إذا لم يغطى السطح تماماً بالخلطة أو وجه الإسفلت.

التموجات والانحرافات/التدفعات: التموجات عبارة عن التحرك المرن الظاهر خلال سطح الطريق الشكل (2- 50).



Corrugations

والدفع الانحراف هو نوع من التحرك المرن ناتج عن الانتفاضات عبر سطح الطريق والشكل (2- 51) وتحصل هذه الظواهر عند النقاط التي يبدأ عندها حركة السير والنقاط والتي تتوقف عندها حركة السير وحيث يضغط على المكابح على المنحدرات وعند المنحنيات الحادة وحيث يصدم الشاحنات بكتلة ظاهرة من اسفلت الطريق فتملو وتنخفض قباعاً.



Shoving

الشكل رقم (12- 51)، الانجراف والاندفاع على الطريق

أسباب النمو التدافعات: تحصل هذه الظواهر في الطبقات غير المستقرة للطريق وسبب عدم الاستقرار يعود إلى الخلطة العينة كثيراً بالإسفلت كبيرة من المواد الناعمة، وشكل حبيبات المواد الناعمة يكون مستديراً وناعماً.

أو الخلطة تحتوي على إسفلت اسمنتي لين جداً أو وجود نسبة رطوبة عالية أو التلوث من خلال رش الزيوت على السطح، أو النقص في التهوية عند فرش طبقة الإسفلت اللينة.

العلاج والصيانة: إذا كان من التموج حاصلاً عن أن حصى الأساس مخلوطة مع طبقة خفيفة فقط من الإسفلت حين معالجتها سابقاً فيفضل أن تكسر هذا الأساس ويخلط مع الإسفلت من جديد ويدمك قبل إعادة طبقة السطح العلوي النهائية، إذا كان سمك التموجات من طبقة أساس ووجه زفتة أقل من (5) سم فيفضل استخدام ماكينة الحف لإزالة هذه الطبقة (الأساس + الزفتة) المعروفة بـ (Heater Planner) ثم يتبع ذلك وجه إغلاق مانع (Seal coat) أو وجه من خلطة المصنع.

الوحدة الثالثة عشر

هندسة المرور

(TRAFFIC ENGINEERING)

تعنى هندسة المرور بالاتجاهات ومراقبة حركة السيارات والمارة (المشاة) على الطرق الرئيسية والفرعية، وعليه فإنها تعنى بالتخطيط والتصميم والتشغيل لكل الأجهزة المساعدة التي تساعد على انسياب حركة السير، وتعنى أيضا بتخطيط الشوارع، الإشارات، وإشارات المرور،..... وتعنى أيضا بتحسين كفاءة النظام باستحداث شوارع فرعية وجانبية وشوارع ذات الاتجاه الواحد ومراقبة استخدامها.

ومن مسئولية هندسة المرور أيضا هوانارة جميع أنواع الطرق والشوارع ضمن مخطط المدينة أو القرية وتقليل الحوادث ما أمكن وعلى هذه الطرق يتجرى أسبابها والقيام بمعالجتها، إيجار مواقف سيارات هو من مسئولية هندسة المرور حتى يمنع اكتظاظ السيارات والمركبات سواء على الطرق الداخلية أو الخارجية أو الفرعية.

علامات سطح الطريق (Pavement markings)

في حقب سائلة استخدمت الخطوط الطباشيرية الملونة الطويلة بكثرة لبيان منتصف الطريق إما اليوم فنستخدم الدهانات بألوانها أو علامات طرق مبينة في جسم الطريق لتحديد معالمها من جوانبها ووسطها وإطرافها ولبيان ممرات المشاة والاكشوك والتقاطعات وإشارات السكك الحديدية التي تقطع الطريق ومواقف السيارات ولتحديد السرعات وبيان تقاطعات عند المدارس والمستشفيات وخلافه من إشارات خدمات، وتختلف النماذج والألوان ولكن اصطلاحاتها الآن أصبحت موحدة الإشارات لجميع الطرق والخدمات كما في الشكل رقم (1).

وتختلف هذه العلامات في طولها وعرضها حسب أهمية الطريق والغرض من استخدام العلامة، وعادة ما يكون طول هذه العلامة على طريق مزدوج (5) أمتار والمسافة بينها وبين العلامة التالية (8) أمتار وبعض الوكالات المتخصصة في تخطيط الطرق ترسم هذه العلامة بطول (3) أمتار والمسافة بينها وبين العلامة

التالية (5) أمتار وبعضها ترسم العلامات المتصلة المستمرة بعرض (10) سم وأطوال مختلفة.

إما الألوان فيفضل أن تكون بيضاء ولكن بالإمكان استخدام اللون الأصفر وهذا يعتمد على مواصفات دائرة السير في تحديد اللون وأين يستخدم.

وهذه العلامات توضع بطرق ميكانيكية أو يدوية أو كليهما معاً حسب الأهمية والمكان.

ويمكن أن تكون هذه العلامات متصلة أو متقطعة، مفردة أو مزدوجة وربما تكون كتابة على سطح الطريق أو أسهماً بأشكال مختلفة (مستقيمة أو معوجة).

إشارات جوانب الطرق (signs):

أكثر جهاز متعارف عليه للتحذير والتنظيم، وإعلام السائقين هي الإشارة على جانب الطريق، ويتوجب على السائقين التقيد بهذه الإشارات التي غالباً ما توضع على طول جوانب الطريق وعلى اكواع الطريق وعلى الجسور وعلى مستويات الطريق (الانحدار والصعود)، وهذه الإشارات رسمها وإبعادها وتثبيتها منوطة بدائرة السير على الطرق.

والجدول رقم (13 - 1) التالي يبين شكل ولون وحجم والفرص من استخدام الإشارة في بعض الدول.

الغرض من الإشارة	الشكل	اللون	اقبل بعد الإنش
تحذير من تجمعات	معين	اسود على اصفر	24 ♦ 24
تقاطع سكة حديد	قرص	اسود على اصفر	قطر 30
ضابط/منظم	مستطيل عامودي	اسود على ابيض	24 ♦ 18
وقوف	ثماني	اسود على اصفر أو ابيض على احمر	30 ♦ 30 غير حضري/زراعية
موقف	مستطيل أفقي	احمر على ابيض أو اخضر على ابيض	24 ♦ 24 حضري 18 ♦ 12
معلومات	ترس	اسود على ابيض أو ابيض على اسود	18 ♦ 12
علامات الطريق		اسود على ابيض	18 ♦ 12

الجدول رقم (13 - 1) يبين الغرض من استخدام الإشارة

ويرغب أن تكون الإشارة ذات أبعاد كبيرة نسبياً للسرعة، التجمعات، أماكن التصادم بالخبرة أو التحذير من الأضواء.

ولا يرغب بالإشارات الكبيرة جداً، والإشارات غالباً ما تصنع من المعدن المدهون ضد الصدأ ومقاوم للماء، وبلا بعض الأحيان تستخدم إشارات مصنعة من الخشب المعاكس أو المضغوط أو من الألواح الخشبية.

ويجب إن تكون مثبتات هذه الإشارات جميعها من براغي وصواميل وأعمدة تعليق..... غير قابلة للصدأ.

ويتوجب إن تكون بعض الإشارات عاكسة ليلاً ليسهل رؤيتها أومضيئة حسب أهمية الإشارة.

فمثلاً إشارة في منطقة غير حضرية/الزراعية يجب تثبيتها على مسافة (2- 3) أمتار من جانب الطريق وعلى ارتفاع من سطح الطريق لا يقل عن (3) أمتار.

أما الكتابة على هذه الإشارات إن لزم فيجب إن تكون واضحة ومقروءة جيداً عن بعد (مزج الخط- سماكته- حجمه- المسافات بين الكلمات) ويسري ذلك على الأسهم.

إشارات المرور Signals؛

كل الأجهزة العاملة بالطاقة، التوجيه، التحذير للمسائقين والدارجين والمشاة تصنف على أنها إشارة مرورية وتركب هذه الأجهزة بطريقة خاصة تمكن من:

تنظيم حركة المرور؛

1. تخفيف وتقليل بعض أنواع الحوادث.
2. تساعد في المرور بشكل مستمر عند سرعات مختارة.
3. لضبط السرعة على الطرق السريعة.
4. لتطبيع المرور الكثيف لعبور المركبات والمشاة على الطرف الآخر.
5. توجيه المرور لبعض المسارات والطرق.
6. التحذير والتحكم في المرور عند تقاطعات السكك الحديدية، الجسور، أماكن الاكتظاظ.
7. تنظيم حركة المرور.

إشارات المرور عند التقاطعات Signals for Intersection Control

مواصفات وخواص الإشارة: Characteristics of signals

معظم الإشارات الحديثة عند التقاطعات تعمل بالكهرباء، وكل إشارة تتكون من ثلاث عدسات احمر، اصفر، اخضر، قطر كل منها (20) سم أو أكثر، وكلها تضيء من المصدر الكهربائي.

وتضاف بعض الإشارات في بعض الأحيان عند الالتفاف (إشارة التفاف) تتكون من عدسة واحدة وربما تكون مضاءة دائماً أو مؤقتاً، وتثبت هذه الإشارات على حوامل عامودية وحوامل أفقية للرؤيا البعيدة، وارتفاع الإشارة على جانب الطريق يتراوح ما بين (2.50 - 3.50) متراً فوق سطح الطريق (الرصيف).

والإشارات المعلقة على الطرقات السريعة وحتى الداخلية منها يفضل أن يكون ارتفاع ما بين (4.50 - 5.50) متراً.

موقع الإشارة: Signal location

ليس هناك مواقع محددة للإشارات كجداول أو بيانات، ولكن هذا متروك لمهندس المرور المسئول في تلك المنطقة، وعلى كل يجب أن تكون الإشارة مرئية بوضوح من بعد وارتفاعها وموقعها مناسبين لتسهيل الرؤيا بالنسبة للسيارات أو عابري الطريق.

إنارة الطرق السريعة والشوارع

Street & Highway Illumination & Lightning

من خلال دراسات دائرة السير لحدوث التصادمات على الطرق وجد أن حوادث الليل تفوق مثيلاتها بالنهار بثلاث أضعاف اعتماداً على إن الرؤيا ليلاً أقل بكثير من ذلك في النهار، ومن هذا المنطلق اتجهت النية إلى إنارة الشوارع والطرق الخارجية والداخلية وبداية التفرعات من الطرق الرئيسية.

مبادئ إنارة الطرق السريعة والشوارع:

حين يبدو الجسم دافئاً أكثر من الأصل فإن هذا ناتج عن ظل الجسم فإذا كان الجسم فاتح اللون أكثر فإن الظل يقل كثيراً.

فإذا كانت شدة الاضاءة المباشرة تعادل - قدم - شمعة على الطرف الآخر المقابل من الطريق للسائق فإنه تستطيع الرؤيا وبدون وجود الظل.

والهدف الرئيسي من الإنارة هو إيضاح الطريق بحيث لا ترى ظلالاً، وحيث يكون حجم المرور والمارة (المشاة) صغيراً فإن معدل سطوع السطح بمقدار 0.2 أفقي قدم - شمعة يكون كافياً.

وشدة الضوء يجب زيادتها على الطرق الخارجية ذات الأهمية وعلى التقاطعات، واكبر سطوع تحتاج إليه في الشوارع التجارية وهو بمقدار 1.2 أفقي قدم شمعة.

وللطرق الخارجية حيث يتحكم بالمداخل فإن المستوى المنصوص عليه من قبل AASHO هو 0.6 قدم شمعة.

هذه للطرق ذات العكس المتوسط (انعكاس)، ولكن إذا ما كان الانعكاس ضعيفاً فتزداد الإضاءة بنسبة 50% وإذا ما كان الانعكاس ممتازاً يمكن إنقاص بنسبة 20%.






تركيب إنارة الطرق الخارجية Highway lighting Installations

مصدر الإنارة: إنارة الشوارع والطرق الخارجية عادة ما تكون من نوع نجار الصوديوم أو الفتييلة (السلوك) أو نجار الزئبق أو من نوع الفلوريسنت، وتحدث هذه الأنواع إنارة جيدة حتى لو لم يكن اللون واضحاً لعدم أهميته قليلاً، وأكثر الأنواع الأربعة شيوعاً هو نوع مصباح الفتييلة، السلوك فهي تعطي لوناً مريحاً وغير مكلفة ومتوفرة بأحجام مختلفة تتراوح ما بين (1000 - 25000) لومن.

ومن الناحية الأخرى فهي تستهلك طاقة اكبر من الأنواع الأخرى، وتستخدم إنارة نجارا لصوديوم عند نقاط التجمع حيث تعود السائقون على اللون الأصفر البرتقالي ويتميز هذا النوع بالدوام الطويل والكفاءة العالية، إما الإنارة بنجار الزئبق فقد زاد استعماله حالياً نظراً لكفاءته العالية ولون الإنارة أبيضاً مزرقاً مع قليل من الاحمرار.

إما الإنارة بالفلوريسنت فتتركب تحت مستوى عين السائق على جوانب الطريق لتوفر إنارة مستمرة وأحياناً ما يستخدم هذا النوع لإنارة الإنفاق وممرات المشاة السفلية، وتتأثر إنارة الشوارع بنوع الإنارة وارتفاعها عن سطح الطريق والمسافة بين أعمدة الإنارة، والجدول رقم (13- 2) يبين نوع ووصف ونموذج واستخدام الإنارات المختلفة.

الجدول رقم (13- 2) يبين أنواع إنارة وإضاءة الشوارع والطرق السريعة

Type	General Description	Pattern of Light Distribution	Typical Applications
I	3-way (or 4-way) light distribution		For mounting over center of street or (4-way) in the center of intersections
II	Narrow asymmetric lateral distribution (2-way or 4-way)		For mounting on one side of a relatively narrow roadway or (4-way) at one corner of a right-angle intersection
III	Medium-width asymmetric lateral distribution		Wide-spaced lanes for mounting on one side of wider roadway
IV	Wide asymmetric lateral distribution		For side of road mounting
V	Symmetrical distribution		For mounting near the center of roadway or at intersections

Types of luminaires employed for street and highway lighting

مواقف السيارات (PARKING):

ازدياد أعداد السيارات سبب نشوء مشكله في إيجاد مواقف في المناطق الحضرية، فوقوف السيارات في الشوارع يعطل حركة سير في تلك المنطقة وحتى صعوبة تنظيف الشوارع ولذلك اجبر أصحاب المحلات التجارية والشوارع ذات الاكتظاظ بالسيارات على إيجاد مواقف السيارات في بناياتهم لإبقاء الحركة التجارية في تناغم تام، ويلاحظ اكتظاظ السيارات في وسط المدينة دائماً حيث تكتظ بعدد كبير من الناس الذين يؤمون هذه المدينة من الخارج ومن المدينة نفسها لتصرف أمورهم المعيشة والحياتية.

ومن الحلول المقترحة لتخفيف ازدحام السيارات في قلب المدينة تخفيف الحركة التجارية في وسط المدينة بنقل بعض المتاجر والمحلات إلى مناطق أبعد وكذلك إيجاد مواقف كبيرة للسيارات قبل دخول المنطقة التجارية والسير على الأقدام فيها بدلاً من التنقل بالسيارات، مع إن هذا يسبب خسائر اقتصادية إلا أن هذا الحل مريح للتنقل ومراقبة الحركة.

الوقوف (الموقف) على جانب الطريق: (On Street Parking):

الشكل (6) يبين المساحات اللازمة للوقوف والمناورة للوقوف في هذه المساحات،

أنواع الوقوف:

1. أن يكون متوازيًا مع حجرة الاطاريض (موازٍ لحافة الشارع طولياً).
2. أن يكون متعامداً مع حجرة الاطاريض.
3. أن يكون مائلاً بزاوية (قطرياً) بزاوية 45° أو 60°.

ومن حسنات الوقوف الموازي أن لا يسبب تعطيلاً لحركة المرور ويقلل حوادث المرور.

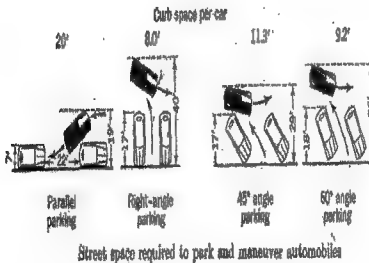
إما سيئاته فإنه يحتاج إلى مساحات أوسع للوقوف، وعدد السيارات أقل وسعة الشارع تنخفض ويوصى باستخدام هذا النوع حين يكون اتساع الشارع لا يقل عن (25) متراً.

وفي المناطق المكتظة كوسط المدينة فإن عرض الرصيف يكون أقل من المعتاد لإستيعاب حركة السيارات ولحجز أماكن لتحميل والتفريغ في هذه الأماكن.

وفي بعض الأحيان تغلق الشوارع الفرعية المؤدية إلى وسط المدينة لمنع تجمع أعداد كبيرة من السيارات في وسط المدينة خاصة في الصباح والمساء (Rush hours)

وفي بعض الأحيان أيضاً تستخدم عدادات الوقوف (أي تقف السيارة لفترة محدودة لقاء مبلغ من المال في هذا المكان ثم تخرج) ولكن هذه العدادات قد سببت حرجاً لأصحاب المتاجر وقللت من دخولهم (خسارة اقتصادية).

والشكل رقم (13- 1) يبين المساحة اللازمة للوقوف والمناورة للدخول وخروج المركبة.



شكل رقم (13- 1)، المساحة المطلوبة للوقوف والمناورة

الوقوف (المواقف) خارج حرم الشارع (OFF Street Parking):

تتراوح المساحة الإجمالية اللازمة لكل سيارة في موقف سيارات أو كراج ما بين (225- 300) قدم مربع.

وفي العموم فتعتمد هذه المساحة على وجود مرشدين للوقوف، حينما يتواجد المرشد تكون المساحة المطلوبة أقل، وكذلك تعتمد على مساحة البناء، وموقع البناء (مداخل ومخارج البناء) وارتفاع البناء (عدد الطوابق)، وللمناطق التجارية الكبيرة (المولات مثلاً) فإن المساحة الإجمالية للكراجات إجمالاً تزيد بواقع (2.50 - 3.0) مرات.

واختيار نوع المواقف وتجهيزاتها في موقع ما هو مهمة اقتصادية، فثمن الأرض والمبنى والمحقات وعمراً لإدامة للمبنى وكلفة التشغيل والصيانة والضرائب يجب أن تؤخذ بعين الإعتبار لعمل التصميم المناسب.

ومن أنواع المواقف الخارجية:

مواقف الساحات (Parking Lote): موقعه خارج الشارع وتقسم المساحة بواسطة حجر رصيف أو مصدات أرضية وأرضيته من الخرسانة أو من الاسفلت غالباً.

ويخطط لخانات الوقوف (عامودي أو بزاوية) والمداخل والمخارج، ويلجأ إلى نوع هذه المواقف حينما تكون كلفة و ثمن الأرض رخيصة نسبياً.

مواقف الطوابق المتعددة (Multistory Parking Buildings):

هذه مواقف على أسطح الطوابق ليس بينها قواطع أو جدار أسقفها وإطلة وتتصل بمداخل ومخارج حلزونية (لفات) منحدرية بنسبة ميل (1:10) صعوداً أو نزولاً (Ramp) وتنشأ هذه المواقف في المدن الكبيرة ذات الأكتظاظ السكاني الكبير وحيث ارتفاع إثمان الأراضي وتحدد عدد الطوابق غالباً بخمسة طوابق فإذا زادت عن ذلك،

فيتوجب وجود مجموعة مؤهلة من المرشدين يقومون هم بقيادة هذه السيارات إلى الطوابق العليا وإعطاء البيانات لصاحب السيارة أن لزم، وهذا يوفر الوقت وترتيب السيارات بشكل يضمن استيعاب اكبر عدد منها، ولكن هذا يزيد الكلفة ويؤثر على الحالة النفسية ربما لصاحب السيارة.

مواقف تحت الأرض (Under Ground Parking Garages)

كلفة هذه المواقف تكون اكبر منها للمواقف فوق سطح الأرض وتوسع هذه المواقف التي تكون غالباً في مناطق تجارية إلى أكثر من (1000) سيارة وتحتاج هذه المواقف إلى خدمات تحتية وإنشاءات ضخمة (كونها تحت مستوى التربة) وصيانة جيدة.

مواقف ميكانيكية (Mechanical Parking Garages):

تستخدم هذه المواقف المصاعد الضخمة التي توصلها للمستوى المطلوب أفقياً وعمودياً، وهذا النوع يحتاج إلى عمالة أقل حيث يحتاج كل مصعد إلى عامل واحد فقط.

تصل السيارة إلى الموقف إما بواسطة سائقها الذي يصعد مع سيارته في المصعد وعند الوصول يفتح باب المصعد ويسوق السيارة صاحبها إلى المكان المطلوب أو توضع السيارة دون صاحبها في المصعد وينقلها المصعد إلى المستوى المطلوب ثم يفتح باب المصعد وتنقل السيارة أفقياً إلى المكان المطلوب وكل هذا يتم أوتوماتيكياً.

وحسنة هذا النوع من المواقف انه أكثر اتساعاً بما يزيد على (20)٪ من المواقف متعددة الطوابق ولا يحتاج إلى منحدرات (Ramps) ويمكن استخدام في المساحات الضيقة وإمكانية زيادة عدد الطوابق للمواقف.

ومن سيئاته إنه يحتاج إلى صيانة مكثفة دائماً، وكذلك خطورة توقف المصعد وحجز السيارات حتى يتم تصليحه وإنزال وإخراج هذه السيارات.

مواقف الباصات والشاحنات (Trucks & Bus Terminals):

في بعض المدن الكبيرة يتغلب على الأزدحام في المناطق التجارية والصناعية بتوفير مواقف خاصة خارج الشارع للشاحنات والباصات ولكنها قريبة من المناطق ثم يتم نقل الركاب في حافلات خاصة مهيئة إلى مناطق تجمع هذه المجموعات التجارية والصناعية.

موقف الأبنية السكنية (Residential Parks):

في البنايات الداخلة ضمن حرم أمانة عمان الكبرى يتوجب وحسب النظام إن كل بناية يجب أن يتوفر فيها كراجات ومواقف لخدمة قاطنيها، وخاصة في مباني الشقق السكنية التي تنص فيها القوانين على تخصيص أرضية سطح طابق كامل ككراجات ومواقف للشقق، إما الشقق السكنية الأهلية غير التجارية فيتم تخصيص مواقف للسيارات حسب نوع التنظيم لذلك المبنى بمعنى أن:

سكن تنظيم (أ)، (ب) فيتوجب أن يكون لكل شقة كراج واحد.

سكن تنظيم (ج) فلكل شقتين كراج واحد.

مواقف بالأجرة: (Rent a park):

هذه مواقف خارج حرم الشارع لأشخاص يجهزون متسعاً من الأرض ويجهزونه لاستقبال سيارات مقابل أجرة يومية أو شهرية وغالباً ما تكون هذه المواقع محاذية تقريباً للمحلات التجارية والأسواق وتدر دخلاً جيداً على أصحابها، وتحل مشكلة التوقف في نفس الوقت للتسوق وإيقاف السيارة.

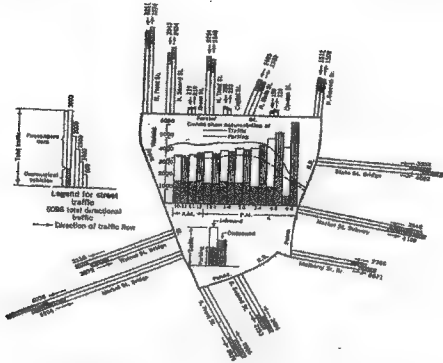
مسح الموقف PARKING SURVEY:

للحصول على أي معلومات دقيقة حول احتياجات ومتطلبات المواقف في المناطق الرئيسية يتطلب مسحاً شاملاً جدياً من خلال ثلاث محاور:

1. تجميع وتدقيق المعلومات حول المواقف: من حيث الموقع، النوع، السعة، الملكية - التشغيل وغيرها من المعلومات.
2. مقابلات شخصية حول المواقف: لتحديد الاستفادة من الخدمات القائمة منها والمتطلبات المستقبلية، وتمتد المقابلات أسابيع لتغطية منطقة المواقف في خلال ساعات العمل ليوم الواحد، وتشمل الرخص مصادره وأرقامها، نوع المركبة، وقت الوصول والمغادرة ونوع وموقع الموقف الذي استخدم، ويسأل السائقون عن عناوين منازلهم، مكان الإنطلاق الأصلي، الغرض من الرحلة والوجهة التي يقصدها في هذه الرحلة، وكذلك عدد السيارات في المناطق الجانبية.
3. يحدد عدد السيارات التي تدخل المنطقة من جميع الشوارع وتخرج منها خلال ساعات النهار كاملة بالإستعانة بالعد اليدوي مبيناً أنواع وأرقام السيارات.

تحليل المعلومات: وتحلل المعلومات التي حصل عليها من الميدان بإستخدام الكمبيوتر وعلى أي حال فإن تحليل المفايلات التي أجريت في المواقف، وغيرها وتسريعها وتحديث المعلومات فيها بواسطة جداول التصنيف والفرز والجمع، ومن خلال تحليل المعلومات يمكن التعرف على حركة السيارات واستكشاف أفضل المواقع والساعات لإضافة الخدمات للمواقف.

الشكل رقم (13- 13/2 - 3) يبين مجموعتين من النماذج التي تبرمج المعلومات إلى نموذج يمكن التعامل معه.



Entering, leaving, and parked vehicles in the central business district of a city of 176,000 population. Parking and traffic data cover a weekday between 10 A.M. and 6 P.M. (Courtesy U. S. Bureau of Public Roads)

الشكل رقم (13- 2)

مداخل ومخارج السيارات في منطقة تجارية ويبين مواقف السيارات أيضاً

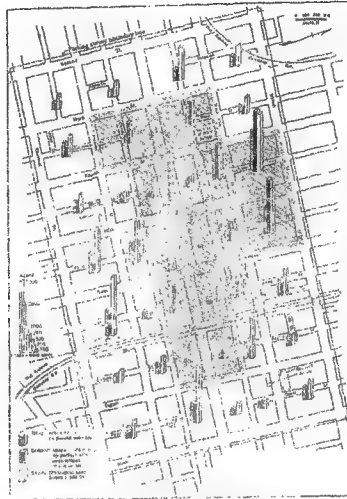


Fig. 3. Relative density, size, and demand for housing in various segments of the metropolitan area of Los Angeles (175,000 population). Data covers an average weekday in 1960. U.S. and U.S. Census Bureau, Bureau of Public Roads.

الشكل رقم (13-3) يبين استخدام والطريق على التوالي في مناطق

مختلفة من المنطقة التجارية

التنبؤ لمتطلبات المواقف في جميع القطاعات هو الجزء الأهم من هذا التحليل، والمتطلب الفوري هو الوقوف الصحيح وغير الصحيح في المنطقة، المناطق الهامشية وتقدير المواقف الإضافية يمكن أن تعطي الراحة للمواقف، المتطلبات المستقبلية تقاس من تنبؤات المرور والنمو التجاري.

ويجب التعاون التام بين الناس والقائمين على هذا المسح وكذلك تعاون أجهزة الإعلام - الصحف، الراديو والتلفزيون لإمكان الوصول إلى دراسة مفيدة للتخطيط المستقبلي وحل الازمة القائمة للمواقف.

التقاطعات وأنواعها Intersections & Types:

التقاطعات هي المساحة التي يلتقي عندها وفيها أكثر من طريق أن كان على نفس الارتفاع أو على ارتفاعات مختلفة، وتشتمل أيضاً بالإضافة إلى المساحة المخصصة لحركة السيارات مساحات مخصصة للمشاة، الجرز وتناسب هذه التقاطعات في المساحة مع سرعات السيارات ونوع المسارات ووجود موقع هذه التقاطعات.

النوع التقاطعات:

أغلب الطرق لتقاطعات على مستوى واحد بحيث تكون مساحة التقاطع هي جزء من الطريق، وعلى هذه المساحة يجب أن تحصل جميع حركات الالتفافات والتقاطعات والشكل يبين تقاطعات نموذجية على مستوى واحد متدرجة من المستوى البسيط إلى المستوى المعقد.

فالشكل (13 - 1/5) يبين تصميم أبسط التقاطعات هذا الطريق تمتد إلى الخارج لتقابل حواف قوساً دائرياً يربط حواف الطريق على الترتيب ليسهل حركة السيارات إلى اليمين، والتقاطعات الطرق ذات كثافة السير القليلة لا داعي لمعالجة إضافية مع وجود إشارات ضوئية ومراقبة مرورية.

وعلى أي حال فبحسب أهمية المشري أو السارب يزداد بعض أشكال المسارات والمسارب إلى التصميم الأصلي، فمثلاً، الشكل (13 - 5/ب)، يبين التقاطع تقاطع الشوارع (Cross street) مع الخط السريع المشهور بـ "ج" - "د" استخدمت الأدوات الإضافية التالية: خط التسارع ومسار خفض التسارع لتفريغ

مسرب السرعة لكلا الاتجاه الأيمن والاتجاه الأيسر للمركبات، جزر وسطية لتحديد المسار، جزر للمشاة، خطوط مسار المشاة.

واحصاء المركبات بدقة والتقدير للمستقبل شاملاً البيانات لأي حركة التفاضلية يساعد كثيراً في تصميم التقاطعات.

والمعلومات المرورية متزامنة مع معرفة استيعاب المسارات يقود إلى اتخاذ قرارات بعدد المسارات اللازمة.

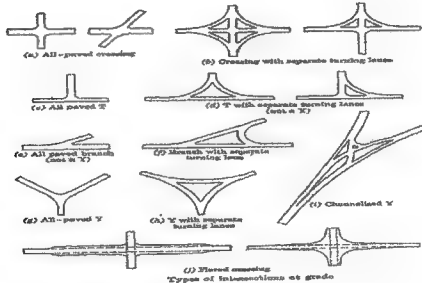
والسرعة التي عندها تقترب المركبة أو تتحرك خلال التقاطع ستتحكم في الأبعاد خاصة مسافة الرؤية في جميع الاتجاهات وقطر المنحنيات وكذلك الحاجة إلى إشارات ضوئية حالية أو مستقبلية سيتحكم أيضاً في أشكال التصميم عند تخطيط التقاطعات، يجب الأخذ بعين الاعتبار خصائص السواقين والمركبات واحتماليات حوادث الصدم وتكراراتها وشدتها، ويجب إرشاد السائقين إلى المسارات الصحيحة ومنعهم من عمل أخطاء غير محسوبة.

وأن من المهم تقليل المساحات الفارغة للهروب ما أمكن باستخدام الجزر الموجهة التي تحدد المسار مباشرة، والطريق والجزر التي تزود الاتجاه عند انقسام جموع السيارات يجب أن تقود إلى الدخول بزاوية سهلة صغيرة، وأن من المفضل استخدام جزيرة كبيرة عوضاً عن عدة جزر صغيرة، حيث أن الجزيرة الكبيرة لا تحير السائقين أثناء قيادة مركباتهم.

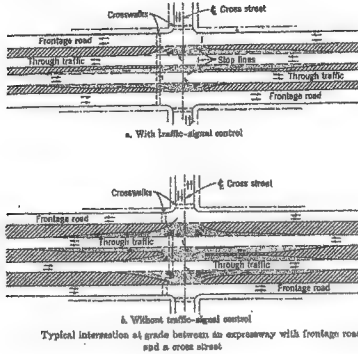
وأغلب التقاطعات الهامة يجب أن تتسع للشاحنات الكبيرة وقطر المنحنيات يجب أن يكون طويلاً لذلك، والحافة الداخلية لإنحناء (90) عند تقاطع سرعة بطيئة فإن AASHO توصي باستخدام ثلاثة مراكز للمنحنى المركب مع أقطار (120، 38، 120) قدم على الترتيب.

وفي بعض الأحيان فإن دراسة لتدفق الشاحنات تشير إلى وجود فئة قليلة فقط من الشاحنات تدور بشكل صحيح عند تقاطع معين، فإذا كانت هذه الاستدانة ستعقد التصميم أو تزيد الازدحام فيجب استبعادها نهائياً وعمل الاحتياط للاستدانة ستعقد التصميم أو تزيد الازدحام فيجب استبعادها نهائياً وعمل الاحتياط للاستدانة من مكان آخر، فمثلاً مركبة ترغب بالالتفاف يساراً كثيراً ما توجه إلى اليمين كلياً حول القطعة المجاورة ثم الدخول إلى التقاطع مع اتجاه السيارات العادية.

وتختبر بعض تصاميم التقاطعات المعقدة بالأستخدام الحقيقي وفي هذه الأحوال فإنه من السائد وضع جزر لتحديد القنوات من أكياس الرمل التي يمكن إزاحتها بسهولة، ورش الرمل على طول الطريق معناه تحديد مسار السيارات، وبعد الموافقة على التصميم يباشر بتثبيت التقاطعات والجزر كما الواقع، والشكل رقم (13- 4)، (5- 13) يبين ذلك



الشكل رقم (13- 4) يبين أنواع التقاطعات



الشكل رقم (13- 5) يبين التقاطعات على الطرق الخارجية

التقاطعات الدوارة Rotary Intersections

التقاطع الدوار هو التقاطع الذي تدخل فيه جميع المركبات من اتجاه واحد وتخرج من اتجاه واحد حول جزيرة وسطية.

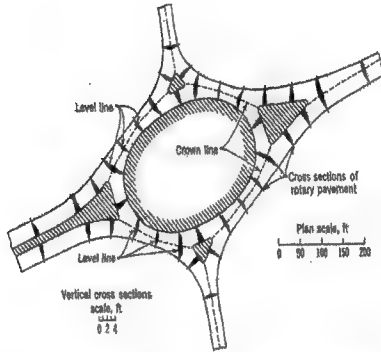
قل استخدام مثل هذه التقاطعات حالياً وذلك للحاجة لمساحة كبيرة للتقاطع والحاجة إلى إرشادات كثيرة على التقاطع وربما الحاجة إلى إشارات ضوئية في بعض الأحيان.

ومن فوائد مثل هذا التقاطع:

1. سهولة الالتفاف إلى اليمين أو اليسار.
2. تنظيم حركة السير وعدم التوقف إلا إذا استخدمت إشارات ضوئية.

3. كلفة أقل من باقي أنواع التقاطعات.
4. يستخدم في المناطق التي فيها كثافة سير عالية.

والشكل رقم (13- 6) يبين هذا التقاطع



Plan of a typical rotary intersection. (Courtesy American Association of State Highway Officials)

التقاطعات المنفصلة Grade Separation

عند تقاطع طريق سريع مع آخر بنفس المستوى فإن السرعة تنخفض عنها للتقاطعات علوية على تخفيض سرعة السيارات وحتى توقفها للسماح للقطع والانعطاف مع وجود اختناق مروري وربما تصادمات على هذه الطرق.

لحل هذه المشكلة يستخدم ما يسمى بـ التقاطع المنفصل، حيث تزداد سرعة المرور على المسارب وتستطيع الحافلات السير بسرعات منتظمة تقلل الوقت وكلفة التشغيل وتحد تماماً من التصادمات.

في نفس الوقت تزداد المنشآت وتكلفة الصيانة وعليه فلا يستخدم هذا النوع إلا إذا كان هناك تدفق كبير جداً للسير على الطرقات.

واحتياطات التقاطع المنفصل ما بين الطريق السريع والشوارع العادية المختارة لتحمل المرور عبرها سهلة نسبياً باستخدام الجسور وترتيبات الدخول والخروج السهل بين تقاطع الشوارع وسطح الأرض أو الطرق الحرة السريعة المنخفضة ليست صعباً إذا والشكل (34) يوضح ذلك، وكقاعدة فإن الطرق السريعة المرتفعة تشكل صعوبة زائدة.

وحيث أن أقل ارتفاع فوق طريق سريع هو (4.5) متر فإن مستخدمي التقاطع يجب عليهم استخدام درج مرتفعاً بـ (5) أمتار ولكن باستخدام التقاطعات السفلية فإن الارتفاع يبلغ قرابة (3) أمتار.

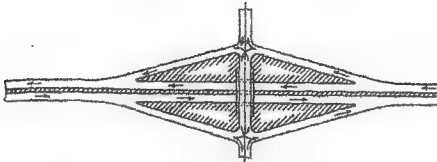
وأكثر التقاطعات استخداماً هو نوع تقاطع ورقة البرسيم (Clover leaf) كما في الشكل (35-d)، وفيه يكون التقاطعات الشريانية منفصلة وكل الثماني (8) انحناءات سهلة خالية من التقاطعات حيث تمر السيارات.

ومن حسنات هذه التقاطعات:

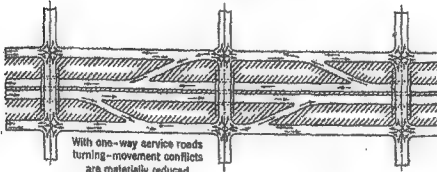
- زيادة سعة السير بشكل ملحوظ.
- عدم تخفيض السرعات عند المنعطف يميناً أو يساراً.
- زيادة الأمان أثناء السير على المنعطفات.

ومن سيئاته:

- زيادة كلفة الإنشاء.
- احتياج مساحات واسعة من الأراضي.
- يمكن أن يسبب تشويشاً على ذهن السائق لتعقيد التقاطع.



a. For narrow right of way



b. Combined with outer highways

Plans of typical depressed freeways, showing arrangements for access and egress (Courtesy American Association of State Highway Officials)

الشكل رقم (13 - 7) يبين تقاطعات مبين عليها المداخل والمخارج

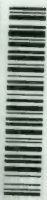
هندسة الطرق

هندسة الطرق

المهندس
أحمد حسين أبو عودة



Bibliotheca Alexandrina



1213440



9 789953 152562



مكتبة المجمع العربي للنشر والتوزيع

الأردن - عمان - وسط البلد - في الصفاة - مجمع للخدمات التجارية - طابق 6 - 2730 463 9822
علمي 1920 5651 799 4622 من ب. 8244 18244 11121 جيل المصنوع للخرق

الأردن - عمان - الجامعة الأردنية - شارع الملكة رانيا الميناء - طابق كلية الزراعة - جميع زوايا حصة التجارية

www.muji-arabi-pub.com

E-mail: Moj_pub@hotmail.com